

# Anais do

## IV SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS: Em Busca da Sustentabilidade



COLEÇÃO *Ciências Agrárias*

**Roberto Carbonera**  
**Felipe Libardoni**  
**Sandra Beatriz Vicenci Fernandes**  
(Organizadores)

APOIO



---

©2021, Editora Unijuí

Editor

**Fernando Jaime González**

Diretor Administrativo

**Anderson Konagevski**

Capa

**Alexandre Sadi Dallepiane**

Responsabilidade Administrativa

**Editora Unijuí da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul  
(Unijuí; Ijuí, RS, Brasil)**

**Publicação sem revisão e diagramação. Responsabilidade dos autores.**

**Este E-book, pela característica do evento e dos trabalhos, tem Classificação Internacional.**



Rua do Comércio, 3000  
Bairro Universitário  
98700-000 – Ijuí – RS – Brasil



(55) 3332-0217



editora@unijui.edu.br



www.editoraunijui.com.br



fb.com/unijuieditora/

---

Catálogo na Publicação:  
Biblioteca Universitária Mario Osorio Marques – Unijuí

S471a

Seminário Internacional sobre Ciências Agrárias e Ambientais: em busca da Sustentabilidade (4. : 2021 : Ijuí, RS)

Anais do 4. Seminário Internacional sobre Ciências Agrárias e Ambientais [recurso eletrônico] : em busca da Sustentabilidade / organizadores Roberto Carbonera, Felipe Libardoni, Sandra Beatriz Vicenci Fernandes. – Ijuí: Ed.Unijuí, 2021. 502 p. – (Coleção ciências agrárias).

Formato digital.

ISBN 978-65-86074-96-3 (digital)

1. Ciências agrária. 2. Agricultura. I. Carbonera, Roberto. II. Libardoni, Felipe. III. Fernandes, Sandra Beatriz Vicenci. IV. Série.

CDU: 631

Bibliotecário Responsável  
Ginamara de Oliveira Lima  
CRB-10/1204

Editora Unijuí afiliada:



Associação Brasileira  
das Editoras Universitárias

## **CONTRIBUTOS DOS RECURSOS MICROBIANOS PARA UMA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO SUSTENTÁVEL**

Ricardo Meirelles Cruz<sup>1</sup> e Nelson Lima<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro Universitário UNINTER, MBA em Recursos Hídricos, Gestão Ambiental, Caxias do Sul (RS), Brasil

<sup>2</sup>CEB-Centro de Engenharia Biológica, Universidade do Minho, Campus de Gualtar, Braga, Portugal

### **RESUMO**

No presente capítulo é abordado quais os contributos dos recursos microbianos para uma agricultura e alimentação sustentável. Para o efeito, faz-se uma contextualização da importância da agricultura para a alimentação humana e a necessidade de haver alimentos para todos evitando, em simultâneo, a deterioração e a maior segmentação dos ecossistemas naturais. Para atingir essa ambição, é discutido quais os papéis dos recursos microbianos podem ter bem como na participação na resolução, em parte, dos grandes desafios sociais que a humanidade e o planeta enfrentam. Os grandes alinhamentos com os objetivos do desenvolvimento sustentável das Nações Unidas, bem como políticas regionais, como o “Pacto Ecológico Europeu”, servem de termos de referência para se apresentar possíveis soluções e mudanças de paradigma para uma economia mais circular e baseada em processos microbiológicos. Conclui-se, que o papel dos microrganismos é um tesouro ainda por explorar e que é urgente integrá-los nas soluções inovativas para um futuro mais sustentável, incluindo a atividade agrícola e a segurança alimentar.

### **1. INTRODUÇÃO**

A importância da agricultura para a alimentação humana é historicamente relevante quando o homem deixa de ser caçador-coletor nômade e passa a agricultor sedentário. Esta revolução do neolítico, também conhecida como revolução agrícola, introduz novas relações entre os homens, devido ao aumento das populações que se tornam social e politicamente mais complexas e organizadas, e entre o homem e a natureza. Nessa relação do homem com a natureza, poderemos inicialmente assumir que a concepção deste com o seu meio era globalizante, indiferenciada, concreta e pré-científica. Pelas palavras de Drouin e Astolfi (1986) seria uma concepção do ambiente como meio-recurso, ou seja, fonte inesgotável de recursos naturais e serviços, a qual vai ser

dominante até ao surgimento dos estudos ecológicos em que o ambiente passa a ser percebido como meio-fator, analítico-mecanicista e experimentalista.

O ecossistema, ou sistema natural, passou então a ser entendido como uma unidade funcional que permite suportar a atividade dos seres vivos num determinado espaço e tempo com os seus fatores ecológicos, ou relações bióticas e abióticas, através do fluxo de energia solar e do ciclo dos materiais (nutrientes) (Fig. 1).

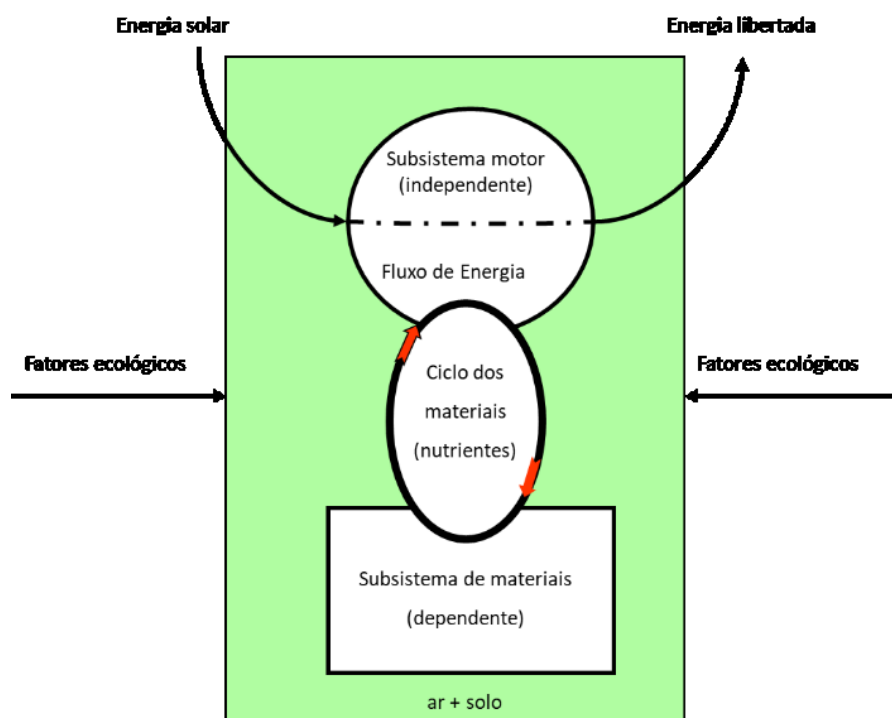


Figura 1 – Esquema do ecossistema evidenciando as suas relações de interdependências, incluindo o subsistema motor independente e o subsistema de materiais dependente permitindo os ciclos biogeoquímicos se completarem.

Em contraste, o sistema misto, ou vulgarmente conhecido como agro-intervencionado, é aquele que suporta a atividade agrícola. Na procura do aumento constante de produtividade o fluxo de energia solar tem vindo a ser suprido com energia fóssil e aos fatores ecológicos são-lhe associados conhecimentos tecnológicos e de gestão para um controle mais eficaz deste sistema. Dado que os produtos agrícolas são retirados do sistema para serem distribuídos e consumidos em outros locais, há uma necessidade constante de adicionar novos materiais (por exemplo, fertilizantes, corretores, agrotóxicos, etc.) ao sistema, levando assim, a que os ciclos biogeoquímicos se tornem incompletos (Fig. 2).

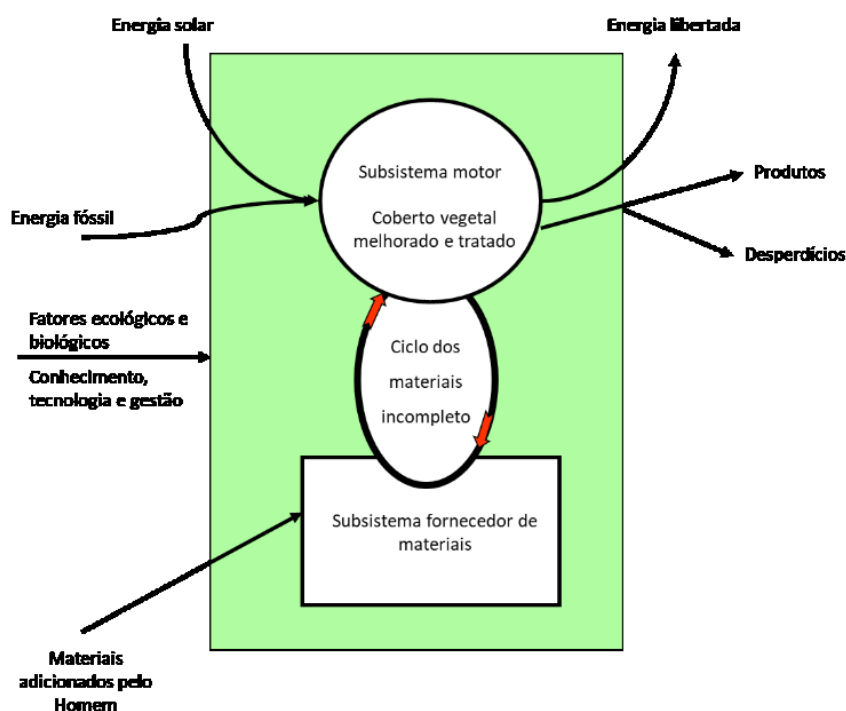


Figura 2 – Esquema do sistema misto ou agro-intervencionado, evidenciando as suas relações de interdependências, incluindo o subsistema motor independente suprido por energia fóssil e um coberto vegetal tratado e o subsistema de materiais dependente supridos com materiais adicionados pelo Homem, levando a ruturas (representadas pelas setas encarnadas) nos ciclos biogeoquímicos.

É nesta evolução para uma agricultura cada vez mais intensiva, para suprir as necessidades de uma população humana em crescimento exponencial, ou em explosão demográfica (EHRlich, 1968; EHRlich; EHRlich, 2009), que a utilização desmesurada de agrotóxicos sintéticos leva, em setembro de 1962, Rachel Carson a publicar o livro “Primavera Silenciosa” como um sinal de alerta para ação de degradação do Homem sobre o ambiente. Esta denuncia sobre os efeitos dos agrotóxicos na saúde do Homem e das espécies vivas em geral (CARSON, 1962) faz despontar uma consciência ecológica que começa a ganhar terreno associado à ideia de que a Educação Ambiental e a Ecologia Aplicada são temas essenciais na formação dos cidadãos e que devem ser incorporados nos currículos do ensino formal, mas também serem trabalhados na educação não-formal. É somente em 1977, na Conferência Intergovernamental de Educação Ambiental de Tbilisi (UNESCO, 1978) que a educação ambiental se formaliza e passa a incorporar cada vez mais as relações entre meio ambiente e o desenvolvimento sustentável coordenadas pelas ações do Programa das Nações Unidas sobre Meio Ambiente/PNUMA.

O relatório sobre o nosso futuro comum é um marco na definição do desenvolvimento sustentável quando aponta para o desenvolvimento que procura satisfazer as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades (BRUNDTLAND, 1987). Isso significa um tripé de sustentabilidade (Fig. 3) que assente em possibilitar que as pessoas, agora e no futuro, atinjam um nível satisfatório de desenvolvimento social justo e econômico viável e de realização humana e cultural, fazendo, ao mesmo tempo, um uso ambientalmente correto dos recursos da terra e preservando as espécies e os habitats naturais (RODRIGUEZ et al., 2002).



Figura 3 – O tripé da sustentabilidade e suas interconexões (Adaptado de Rodriguez et al., 2002).

É neste contexto, que atualmente, olhamos para o meio ambiente com um maior grau de abstração, permitindo uma visão menos antropocêntrica e muito mais biorrelativa, isto é, onde o Homem se coloca dentro da natureza numa visão sistêmica e interdependente (DROUIN; ASTOLFI, 1986). Dentro desta visão, temos identificados grandes desafios sociais que coletivamente enfrentamos e que urge encontrar soluções inovadoras. Dentro desses desafios, temos a necessidade de uma agricultura mais sustentável e alimentos disponíveis e com distribuição acessível, equitativa e justa para todos que permita garantir no presente, e no futuro, a alimentação

## IV SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS: EM BUSCA DA SUSTENTABILIDADE

- XX Semana Acadêmica do Curso de Agronomia
- XII Semana Acadêmica do Curso de Medicina Veterinária
- Semana Acadêmica do Curso de Ciências Biológicas

8, 9 e 10 de novembro de 2021



APOIO:



do contínuo aumento da população humana sem pôr em perigo irreversivelmente a sustentabilidade do nosso planeta. É objetivo deste trabalho abordar como os recursos microbianos podem contribuir para solucionar ou mitigar este grande desafio.

### 2. RECURSOS MICROBIANOS

A Convenção sobre a Diversidade Biológica (CDB) (DECRETO LEGISLATIVO, 1992), assinada em 1992 no Rio de Janeiro (Brasil), consagra como objetivos (Art.º 1.º) a conservação da diversidade biológica, o uso sustentável das suas componentes, e a partilha justa e igual dos benefícios provenientes dos recursos genéticos. A CDB cobre três níveis da diversidade biológica (Art.º 2.º): os ecossistemas, os organismos/espécies e os recursos genéticos e define a diversidade biológica como a variabilidade de organismos vivos de todas as origens, compreendendo, dentre outros, os ecossistemas terrestres, marinhos e outros ecossistemas aquáticos e os complexos ecológicos de que fazem parte; compreendendo ainda a diversidade intraespecífica, interespecífica e de ecossistemas (DECRETO LEGISLATIVO, 1992). Dada a importância dos serviços prestados pelos ecossistemas para a sobrevivência do Homem, é importante referir que os recursos biológicos dentro da CBD são entendidos como recursos genéticos, organismos ou partes destes, populações, ou qualquer outro componente biótico de ecossistemas, de real ou potencial utilidade ou valor para a humanidade. Já por seu turno, os recursos genéticos microbianos são, por maioria de razão, todo material genético, i.e., todo o material de origem microbiana que contenha unidades funcionais de hereditariedade, de valor real ou potencial. A Figura 4, sumaria as interconexões entre a diversidade biológica e a diversidade genética, incluindo os recursos genéticos (LIMA, 2007).

<b>DIVERSIDADE BIOLÓGICA</b> (variabilidade de organismos vivos de todas as origens, compreendendo, dentre outros, os ecossistemas terrestres, marinhos e outros ecossistemas aquáticos e os complexos ecológicos de que fazem parte; compreendendo ainda a diversidade dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas)	<b>Ecosistemas</b>		<b>RECURSOS BIOLÓGICOS</b> (recursos genéticos, organismos ou partes destes, populações, ou qualquer outro componente biótico de ecossistemas, de real ou potencial utilidade ou valor para a humanidade)	
	<b>Organismos</b>			
	<b>Recursos genéticos</b> (material genético, i.e., todo o material de origem vegetal, animal, microbiana ou outra que contenha unidades funcionais de hereditariedade, de valor real ou potencial)	Animal		<b>DIVERSIDADE GENÉTICA</b>
		Vegetal		
		Microbiano		
<b>Material de origem humana</b>				
<b>Outro material biótico</b> (vírus, partes de organismos não replicáveis, etc.)				

Figura 4 - Relação entre conceitos definidos pela Convenção da Diversidade Biológica e Recursos Biológicos (LIMA, 2007).

Atualmente, a diversidade biológica, de acordo com a árvore da vida (<https://tree.opentreeoflife.org/>) contém cerca de quase 2,4 milhões de espécies, contudo também sabemos que este valor representa a ponta de um icebergue, pois estima-se que na Terra possa haver entre 5 a 30 milhões de espécies. Somente no domínio dos procariontes teremos entre um mínimo de 35 mil espécies até  $10^7 - 10^9$  espécies (SCHLOSS; HANDELSMAN, 2004). Hoje, admitimos que há mais bactérias sensu lato na Terra ( $5 \times 10^{30}$ ) do que estrelas em todo o universo ( $7 \times 10^{22}$ ) (WHITMAN et al., 1998) e uma ordem de magnitude acima de bactérias ( $10^{14}$ ) no nosso corpo quando comparado com o número ( $10^{13}$ ) das células humanas que constituem o nosso corpo (BÄCKHED et al., 2005) ou 100 vezes mais genes microbianos do que os nossos próprios genes (SAVAGE, 1977). Os recentes estudos sobre os microbiomas associados às técnicas do sequenciamento de DNA de nova geração e culturômica têm revelado uma diversidade microbiana nunca antes imaginável.

No reino dos fungos, poderemos estimar 1,5 milhões (HAWKSWORTH, 1991) ou mesmo 2,27 milhões (HAWKSWORTH, 2001), ou ainda valores bem diferentes como são discutidos em Simões et al. (2013), de espécies das quais atualmente se conhecem cerca de 10%. Sendo este grupo de seres vivos de importância vital no bom funcionamento dos ecossistemas, por serem essencialmente decompositores, eles revelam-se também importantes pelas diferentes relações ecológicas que têm



## IV SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS: EM BUSCA DA SUSTENTABILIDADE

- XX Semana Acadêmica do Curso de Agronomia
- XII Semana Acadêmica do Curso de Medicina Veterinária
- Semana Acadêmica do Curso de Ciências Biológicas

8, 9 e 10 de novembro de 2021



APOIO:



com outros seres vivos. No solo, os fungos, ou o microbiota, representam cerca de 90% da diversidade biológica presente, onde entre 0,22 a 0,68 mg/g de solo (cerca de 5%) e 1 m<sup>2</sup> de solo pode contém vários Km de hifas de um mesmo fungo (BALDRIAN et al., 2013). Os fungos são responsáveis for funções vitais no ecossistema solo e seus serviços, nomeadamente: 1) manutenção da estrutura do solo; 2) regulação dos processos hidrológicos; 3) trocas gasosas e sequestração do carbono; 4) decomposição da matéria orgânica; 5) reciclagem dos nutrientes; 5) supressão de pestes, parasitas e doenças; 6) destoxificação do solo; 7) controlo do crescimento das plantas; e 8) relações simbióticas das plantas e suas raízes. No mundo agrícola estas relações ecológicas simbióticas podem ser benéficas (do tipo mutualismo, incluindo o endofitismo micorrízico). No entanto, outras relações ecológicas podem ser prejudiciais para a planta (do tipo antagonismo ou parasitismo). Numa visão mais atual, os fungos e outros microrganismos são vistos como uma componente-chave da planta, frequentemente com uma relação obrigatória com o seu hospedeiro, pelo que a relação planta–microbioma é vista como um meta-organismo (holobionte) (QUIZA et al., 2015). Uma recente redefinição de microbioma é entendida como contendo a comunidade de microrganismos no seu nicho ecológico, incluindo elementos estruturais, moléculas de sinalização e metabolismo e as condições ambientais circundantes (BERG et al., 2020). Esta abordagem permitirá compreender não só os microrganismos (microbiota) de forma isolada, mas as suas interações, sejam elas positivas (e.g. cooperação), negativas (e.g. competição) ou neutrais.

Atualmente, a sociedade defronta-se com o maior conhecimento do papel dos microrganismos nos ecossistemas pois são elementos-chave dos serviços prestados pelos ecossistemas, mas os seus contributos ainda hoje continuam fracamente conhecidos e reconhecidos. O conhecimento dessa diversidade microbiana (cerca de 1%) confronta-se com a rápida perda da diversidade biológica. A pressão antropogénica na Terra tem atingido uma escala sem precedentes, onde mudanças ambientais globais abruptas já não podem ser mais ignoradas pelo que, se usarmos as 9 fronteiras planetárias de Rockström et al. (2009) verificamos que a taxa de perda da diversidade biológica é aquela que mais está sem retorno (Fig. 5). Neste sentido, será muito difícil preservar aquilo que já se perdeu irreversivelmente ou nem se chegou a conhecer. Estancar esta perda de diversidade biológica constitui, sem dúvida, um dos grandes desafios sociais.

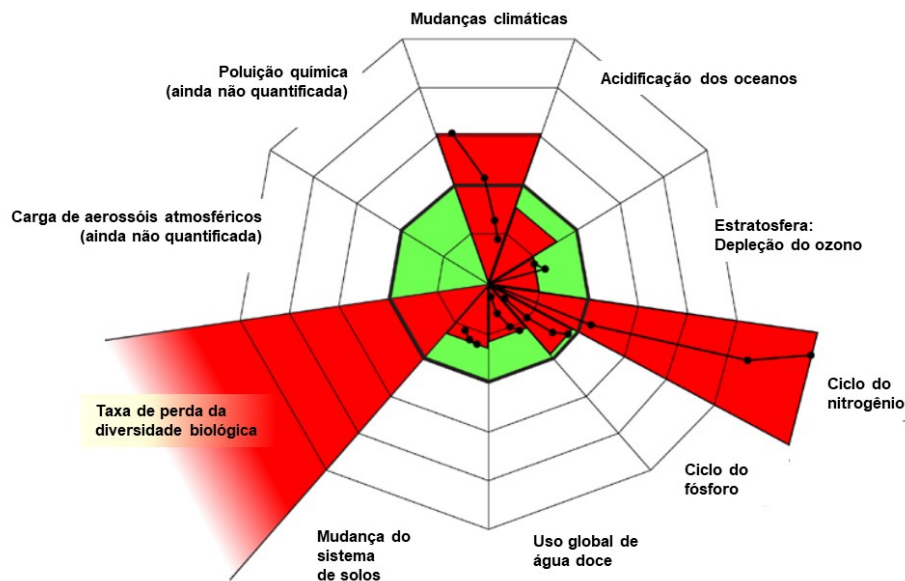


Figura 5 – As fronteiras planetárias de Rockström (Adaptado de Rockström et al., 2009)

É neste contexto, que os Centros de Recursos Microbianos (CRmB), conceito mais evoluído para as coleções de culturas microbianas por incorporar sistemas de gerenciamento de qualidade e quadros legais de funcionamento, atualmente são centrais para uma política de sustentabilidade. Os CRmB são considerados como uma parte essencial da infraestrutura que suportam as ciências da vida e a biotecnologia (OECD, 2001; 2007). Eles consistem em fornecer serviços e serem depositários de células vivas, de genomas de organismos, e da informação relacionada com a hereditariedade e as funções biológicas dos sistemas. Os CRmB possuem coleções de microrganismos cultiváveis, partes destes replicáveis (e.g. genomas, plasmídeos, cDNAs), organismos viáveis, mas ainda não cultiváveis, e, mais recentemente microbiomas, bem como bases de dados contendo informação molecular, fisiológica e estrutural relevante para estas coleções e a bioinformática com elas relacionadas. Neste sentido, os CRmB proporcionam o acesso a recursos microbiológicos na qual depende a investigação e o desenvolvimento (I&D) nas ciências da vida e biotecnologia (SMITH et al., 2014; STACKEBRANDT et al., 2014; OVERMANN; SMITH, 2017). Mais especificamente, estamos a falar da capacidade dos CRmB em: i) fornecerem recursos microbiológicos para aplicações científicas, industriais, na agricultura, ambiente, na medicina e em I&D (LIMA, 2007). Dada a relevância atribuída ao papel dos microrganismos, a nível Europeu, foi estabelecido a Infraestrutura de Investigação dos Recursos Microbianos (MIRRI, [www.mirri.org](http://www.mirri.org), SCHÜNGEL; STACKEBRANDT, 2015; STACKEBRANDT et al., 2015) com sede estatutária na Universidade do Minho (Braga, Portugal)

com o objetivo de facilitar o uso dos microrganismos, sua informação e inteligência associada disponível nos vários CRmB.

### 3. GRANDES DESAFIOS SOCIETAIS

Na viragem do milênio, no Relatório do Milênio, “Nós, os Povos, as Nações Unidas do Século XXI” (UN, 2020) as Nações Unidas definiram 8 Objetivos de Desenvolvimento do Milênio, envolvendo 21 metas, com uma janela temporal até 2015. Verificou-se, contudo, que muitas dessas metas terem sofrido uma evolução positiva como resultado de políticas pró-ativas dos países membros das Nações Unidas, os grandes desafios sociais continuaram por resolver. Assim, em 2015, definiu-se uma nova Agenda para 2030, constituída por 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (Fig. 6). Essa Agenda 2030 é mais alargada e ambiciosa abordando o tripé do desenvolvimento sustentável (ver Fig. 3) contendo 169 metas centradas nas pessoas, na prosperidade, na paz, nas parcerias e no planeta para o desenvolvimento económico, ambiental e social.



Figura 6 – Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (UN AGENDA 2030).

Para este trabalho poderemos cruzar vários ODS começando pelo objetivo nº 2 “Erradicar a fome”, que pretende acabar até 2030 com a fome em todas as partes do globo, incluindo todas as pessoas em situações vulneráveis. Duplicar a produtividade agrícola em todos os povos e garantido o acesso igualitário a todos os recursos. Garantir sistemas sustentáveis de produção à prática

## IV SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS: EM BUSCA DA SUSTENTABILIDADE

- XX Semana Acadêmica do Curso de Agronomia
- XII Semana Acadêmica do Curso de Medicina Veterinária
- Semana Acadêmica do Curso de Ciências Biológicas

8, 9 e 10 de novembro de 2021



APOIO:



agrícolas, manter os ecossistemas, as alterações climáticas, condições meteorológicas e que melhorem a qualidade da terra e do solo.

Este objetivo para ser bem-sucedido precisa de manter a macro- e microdiversidade dos sistemas agro-intervencionados, e que sejam diversificados e todos bem geridos ao nível nacional, regional e internacional para o bem da humanidade. Investimentos, na infraestrutura, investigação, desenvolvimento de tecnologias nos países mais vulneráveis são necessários para que ninguém fique para trás.

Naturalmente que associado a este objetivo temos o ODS N° 15 “Proteger a vida terrestre” com a recuperação e uso sustentável dos ecossistemas, gestão sustentável de todos os tipos de florestas a nível global, restaurar o solo degradado, a biodiversidade biológica para o desenvolvimento sustentável, reduzir a degradação de habitat naturais e travar a perda da diversidade biológica, promover o acesso aos recursos genéticos, acabar com a oferta de produtos ilegais da vida selvagem e reforçar o apoio global.

Para uma agricultura e alimentação sustentável o ODS N°6 “Água potável e saneamento” é subsidiário pois a redução da poluição a nível global da água e a concomitante implementação da gestão integrada dos recursos hídricos a todos os níveis e o melhoramento da gestão da água e do saneamento impactarão de forma crítica na modernização dos sistemas produtivos agrícolas.

O ODS N° 7 “Energias renováveis e acessíveis” até 2030 reforça a necessidade do acesso universal a serviços de energia, participação de energias renováveis, reforçar a cooperação internacional promover o investimento em infraestruturas de energia, tecnologia e energia limpa. Expandir serviços de energia sustentável para todos os países. Da mesma forma que o ODS N° 13 “Ação Climática”, com a atual crise ambiental e discussão dos acordos de Paris sobre o ultrapassar, ou não, a temperatura de 1,5 °C da atmosfera necessita de ser atendido devido aos riscos relacionados com as catástrofes naturais em todos os países e a destruição dos sistemas agrícolas produtivos criando nómadas climáticos e novas formas de fome no mundo.

- XX Semana Acadêmica do Curso de Agronomia
- XII Semana Acadêmica do Curso de Medicina Veterinária
- Semana Acadêmica do Curso de Ciências Biológicas

**8, 9 e 10 de novembro de 2021**



UNIJUI



APOIO:



Finalmente, o ODS N° 12 “Produção e consumo sustentáveis” procura implementar programas em todos os países, alcançar a gestão sustentável e o uso eficiente dos recursos naturais, reduzir os desperdícios de alimentos, geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reutilização. Promover práticas sustentáveis, desenvolvimento sustentável e o estilo de vida em harmonia com a natureza, padrões mais sustentáveis de produção e consumo, minimizar os possíveis impactos adversos sobre o desenvolvimento de uma forma que proteja os menos favorecidos.

Dentro dos vários ODS, estes são os grandes desafios sociais que podem pôr em perigo os sistemas agro-intervencionados e a sua produtividade em termos de segurança alimentar, ou seja, com capacidade de produção de alimentos para alimentar toda a população humana.

#### **4. A TEMPESTADE PERFEITA**

Em consequência do que foi dito, verificamos que vivemos atualmente uma “tempestade perfeita” para que o planeta Terra entre numa rutura de sustentabilidade excessivamente perigosa, ou sem retorno como já em cima foi afirmado. Do lado da população humana, que atingiu 7,5 bilhões de pessoas em março de 2017 estima-se que até ao ano de 2050 teremos 9 bilhões de habitantes na Terra o que de imediato implicará um aumento da demanda de alimentos até cerca de 60%. Contudo, sabemos que atualmente cerca de 1/3 dos alimentos produzidos são desperdiçados ao longo da cadeia de produção e distribuição. Por outro lado, não podemos ignorar o mundo da abundância, onde o excesso de alimentos disponíveis leva-nos a distúrbios alimentares com cerca de 2 bilhões de pessoas com excesso de peso ou obesas contrastando com outras regiões do planeta onde a escassez de alimentos, nomeadamente a fome proteica, atinge cerca de 800 milhões de pessoas que estão malnutridas.

O aumento da demanda na produção de alimentos (Fig. 7) é constante e a pressão nos sistemas agrícolas levará a um aumento de consumo de cerca de 30% de energia, de 70% de uso de água e libertação de gases de efeito de estufa de cerca de 26%. Este cenário não se compagina com a atual necessidade de atingirmos as metas dos ODS, nomeadamente, na necessidade de reduzir a fome a zero (ODS N° 2), reduzir os resíduos alimentares a 50% (ODS N° 12) e a libertação de dióxido de

carbono e outros gases de efeito de estuda de forma a manter a meta de limitar o aumento da temperatura global do planeta acima dos 1,5-2 °C. Recentemente, na COP26, em Glasgow, a meta de limitar o aumento de temperatura a 1,5 °C foi reafirmada pelos países subscritores do documento final, contudo as metas da neutralidade carbônica em alguns países ficaram muito para além de 2050, como é o caso de China que só se compromete a atingir esta meta até 2060 e a Índia, o terceiro maior poluidor do mundo, assumiu, pela primeira vez, nesta conferência atingir a neutralidade carbônica, mas só até 2070.

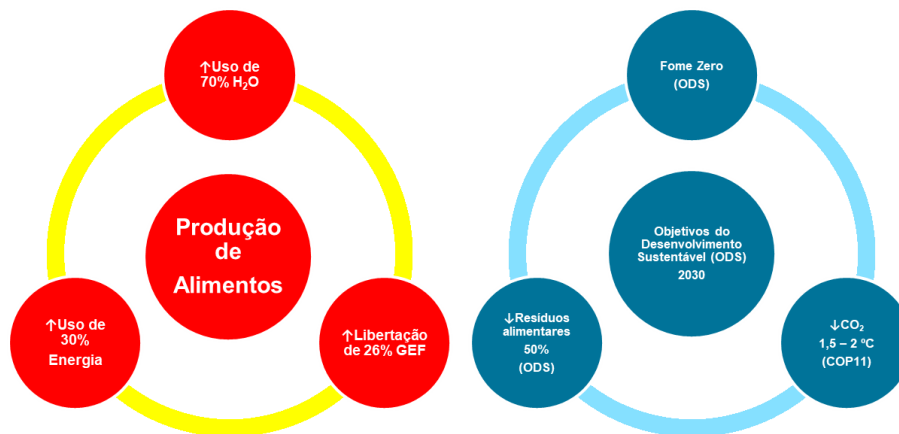


Figura 7 – Consequências no aumento da produção de alimentos e suas contradições com as metas dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.

Neste sentido, há opções importantes a fazer para que esta “tempestade perfeita” não se acentue e, em simultâneo, que os ecossistemas não se continuem a desfragmentar para dar lugar a mais sistemas agro-intervencionados.

Com a procura do aumento de produção de alimentos o uso crescente de agrotóxicos não podem deixar de ser uma preocupação neste contexto dado ao conjunto de externalidades negativas, impactos nos seres vivos, ambientais, águas contaminadas, plantas, solos e organismos vivos. Assim, a necessidade de reduzir substancialmente o número de mortes e doenças devido a químicos perigosos, incluindo os agrotóxicos, contaminação e poluição do ar, água e solo, são metas até 2030 do ODS N° 3 “Saúde e Qualidade”.

Agrotóxicos são produtos químicos utilizados para o crescimento das culturas, são perigosos e a intensa aplicação gera resíduos e a poluição do solo e da água. Estudos realizados pela Autoridade

## IV SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS: EM BUSCA DA SUSTENTABILIDADE

- XX Semana Acadêmica do Curso de Agronomia
- XII Semana Acadêmica do Curso de Medicina Veterinária
- Semana Acadêmica do Curso de Ciências Biológicas

8, 9 e 10 de novembro de 2021



UNIJUI



APOIO:



Europeia para a Segurança Alimentar (EFSA) analisaram a presença residual de 191 pesticidas em 82,649 amostras de alimentos convencionais e, em contraste, verificou que os alimentos orgânicos apresentaram uma porcentagem de (86,4%) de amostras sem qualquer tipo de resíduo químico em relação aos convencionais (EFSA, 2016).

É de salientar que enquanto alguns países tem o uso de agrotóxicos banidos outros, em contraste, tem o seu uso livre. Sabemos atualmente que apenas uma fração dos agrotóxicos atinge o alvo e o restante é lixiviado do solo, causando a contaminação dos recursos hídricos quer superficiais quer subterrâneos. A nível individual, agricultores e trabalhadores da indústria de agrotóxicos são os mais afetados pela contaminação destes compostos. De acordo com Groot e Hooft (2016), uma grande maioria dos trabalhadores rurais, não está consciente dos riscos relacionados ao uso desses agrotóxicos. A falta de capacitação e equipamentos de proteção individual e ambiental para o manuseio seguro dos agrotóxicos aumenta ainda mais o risco à saúde. Estudos revelam, que além da falta de práticas de segurança do trabalho, existem muitos agricultores que não possuem a percepção dos riscos que eles têm quando estão expostos aos agrotóxicos (RIBEIRO et al., 2012; SILVA et al., 2012; LOPES; ALBURQUEQUE, 2018). Neste contexto, o ODS Nº 4 “Educação de Qualidade” aponta na sua meta 4.3 para a necessidade de assegurar a igualdade de acesso para todos os homens e mulheres à educação técnica e profissional de qualidade e a preços acessíveis pelo que a capacitação contínua dos agricultores deve ser uma prioridade de estado e das associações que representam o setor.

Em contraste, a agricultura biológica, ou também conhecida por agricultura orgânica, é a prática agrícola sustentável mais antiga e difundida, e que os estudos sobre alimentos orgânicos realmente mostram menos resíduos de agrotóxicos nos alimentos cultivados a partir desta prática (AGRIMONTI et al., 2021). Contudo, contaminações fúngicas, com potencial contaminação por micotoxinas, não podem ser descartadas neste tipo de produtos orgânicos, pelo que há necessidade de um controlo fitossanitário rigoroso.

### 5. AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO SUSTENTÁVEL E O PAPEL DOS RECURSOS MICROBIANOS

Alcançar um sistema produtivo alimentar e que responda ao crescimento populacional, ao desenvolvimento econômico garantindo o bem-estar humano e a conservação dos recursos naturais

## IV SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS: EM BUSCA DA SUSTENTABILIDADE

- XX Semana Acadêmica do Curso de Agronomia
- XII Semana Acadêmica do Curso de Medicina Veterinária
- Semana Acadêmica do Curso de Ciências Biológicas

8, 9 e 10 de novembro de 2021



APOIO:



ganha, a partir da década de 70 do século passado, um maior interesse. Este interesse resulta que o setor agrícola passou a estar atento às questões ambientais, acompanhando o ganho da consciência ecológica dos cidadãos em geral, e conscientizando que as técnicas convencionais de agricultura intensiva são insustentáveis. Numa evolução de contributos que passaram pelo “Fim do futuro? Manifesto Ecológico Brasileiro” de Lutzemberger (1976) onde se pugna por uma defesa de uma agricultura mais ecológica, passando pelo “Manejo Ecológico do Solo – A Agricultura em Regiões Tropicais” de Primavesi (1980) até à Lei Federal nº 10.831, de 23 de dezembro 2003, sobre a agricultura biológica ou orgânica onde se considera um “sistema orgânico de produção agropecuária todo aquele em que se adotam técnicas específicas, mediante a otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e o respeito à integridade cultural das comunidades rurais, tendo por objetivo a sustentabilidade econômica e ecológica; a maximização dos benefícios sociais; a minimização da dependência de energia não-renovável, empregando, sempre que possível, métodos culturais, biológicos e mecânicos, em contraposição ao uso de materiais sintéticos; e a eliminação do uso de organismos geneticamente modificados e radiações ionizantes, em qualquer fase do processo de produção, processamento, armazenamento, distribuição e comercialização, e a proteção do meio ambiente”, temos vindo a caminhar para a integração da saúde do ambiente, numa visão de homeostasia entre a organização (capacidade de manutenção da estrutura), resiliência (capacidade de reagir a estresses externos) e o vigor (capacidade de manutenção da função) (Fig. 8) e em que nenhum dos planos, seja ele o fragilizado, o cristalizado ou o eutrófico, domine sobre os outros (COSTANZA; MAGEAU, 1999).



# IV SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS: EM BUSCA DA SUSTENTABILIDADE

- XX Semana Acadêmica do Curso de Agronomia
- XII Semana Acadêmica do Curso de Medicina Veterinária
- Semana Acadêmica do Curso de Ciências Biológicas

8, 9 e 10 de novembro de 2021



APOIO:

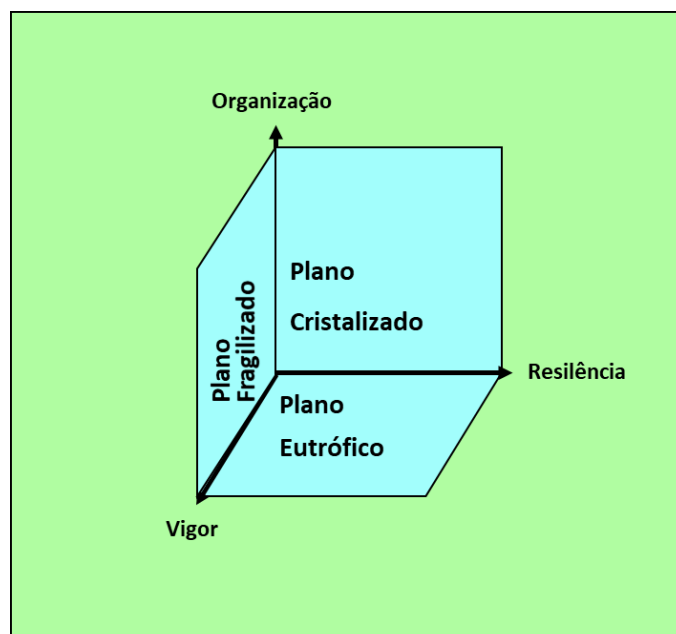


Figura 8 – Representação tridimensional de um sistema natural saudável quando as três variáveis, organização, resiliência e vigor se encontram em homeostasia. Cada um dos planos só existe quando uma das variáveis é zero. (Adaptado de Costanza; Mageau, 1999).

Associando a um ambiente saudável a segurança alimentar e a saúde das plantas, a saúde animal e a saúde humana poderemos atingir uma Saúde Única (Fig. 9).

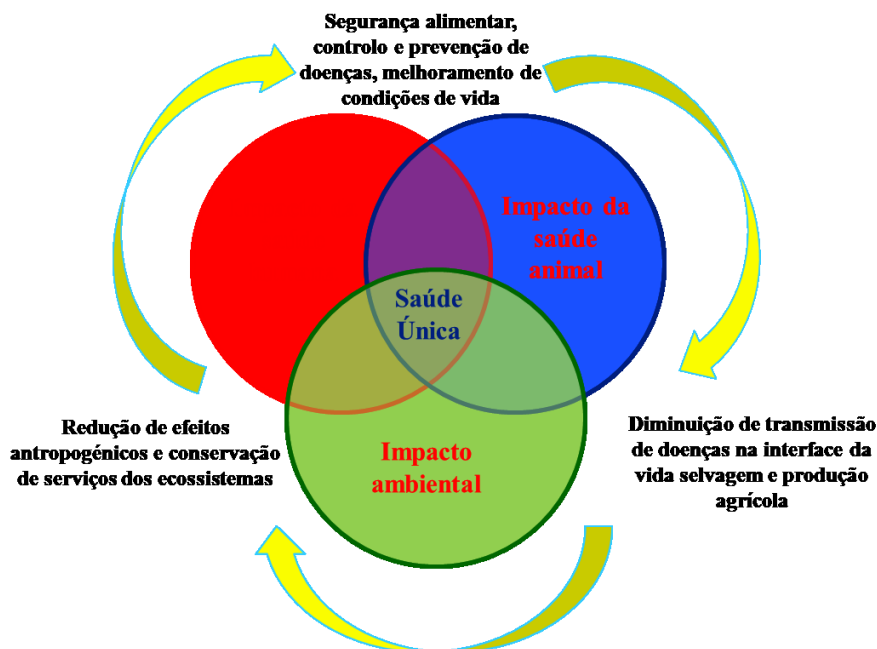


Figura 9 – Representação das interseções que definem o conceito de uma Saúde Única.

Chegados aqui, é importante abordarmos o papel dos microrganismos que são benéficos para processos agro-industriais ou, mais alargadamente, possam contribuir para a saúde das diferentes componentes do sistema de Saúde Única (Fig. 9). A estratégia do “prado ao prato” referido no acordo verde europeu “Pacto Ecológico Europeu” (EC, 2019) procura, igualmente, explorar metas

que possam restaurar o equilíbrio entre a atividade humana e a natureza. Assim, e para terminar, iremos abordar os biofertilizantes, os biopesticidas, e a compostagem de resíduos agro-industriais, como importantes contributos dos recursos microbianos para uma agricultura e alimentação sustentável (FAO, 2019).

Os biofertilizantes caracterizam-se por serem substâncias que contêm microrganismos que, quando aplicados no solo, em sementes ou superfícies de plantas, colonizam a raiz da planta (rizosfera), das sementes ou o interior dessa planta promovendo o seu crescimento pelo fornecimento de nutrientes. No solo, contribuem para a saúde deste, beneficiando as relações simbióticas dos consórcios microbianos ou protegendo as plantas contra patógenos (e.g. o fungo do género *Trichoderma* é um bom antagonista do patógeno *Sclerotinia sclerotiorum*) e, conseqüente, aumentando a produtividade nas colheitas (Fig. 10).

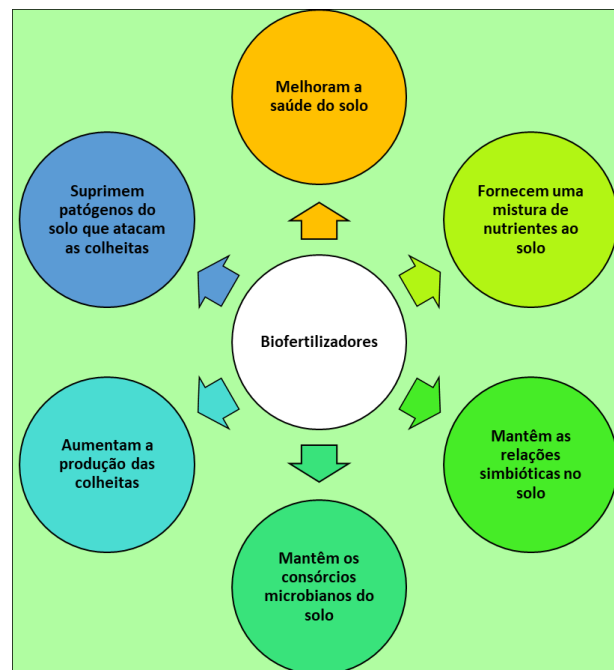


Figura 10 – Os benefícios que os biofertilizadores fornecem ao solo, sua diversidade biológica e produtividade agrícola. (Adaptado de Kaur; Purewal, 2019).

Os microrganismos usados em biofertilizantes podem ter origem variada, como por exemplo serem bactérias, ou fungos unicelulares (leveduras) ou filamentosos. Eles desempenham uma variedade de funções diferentes, incluindo fixação biológica de nitrogênio (e.g. bactérias

## IV SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS: EM BUSCA DA SUSTENTABILIDADE

- XX Semana Acadêmica do Curso de Agronomia
- XII Semana Acadêmica do Curso de Medicina Veterinária
- Semana Acadêmica do Curso de Ciências Biológicas

8, 9 e 10 de novembro de 2021



UNIJUI



APOIO:



diazotróficas como a *Azospirillum brasilense* e *A. lipoferum*), produção de fitormônios e reguladores de crescimento de plantas, solubilização de fósforo (e.g. os fungos *Penicillium bilaii* e *P. radicum* envolvidos em produtos comerciais patenteados), produção de sideróforos (substâncias que facilitam a absorção de ferro do solo) e a formação de micorrizas (associações ecto- ou endossimbióticas entre fungos do gênero, por exemplo e respetivamente, *Boletus* ou *Glomus*, e plantas que facilitam a absorção de nutrientes por estas).

Os biofertilizantes apresentam como vantagens sobre seus homólogos sintéticos a capacidade de fornecer uma variada gama de nutrientes, contribuírem para aumentar o teor de matéria orgânica do solo, terem um custo relativamente baixo e o fato de eles serem mais amigáveis do ambiente (e.g. não contêm metais pesados significantes). As desvantagens para o seu uso, incluem dificuldades na adaptação das práticas e maquinaria agrícolas. no abastecimento em certas áreas e nos cuidados especiais do seu armazenamento devido aos tempos de vida em prateleira de forma a manterem os microrganismos viáveis a quando do seu uso, bem como, nas condições do solo para os receberem.

Com o objetivo na União Europeia de reduzir em 50% o uso de pesticidas e a utilização de agentes antimicrobianos na agricultura até ao ano de 2030 (EC, 2019), os biopesticidas tornam-se cada vez mais uma solução para a gradual eliminação do uso de defensivos tóxicos e uma melhor sustentabilidade agrícola e, conseqüentemente, uma alimentação animal e humana mais saudável. Os biopesticidas devem ser encarados como um componente importante no complexo sistema de manejo integrado de pragas (MIP) e devem ser utilizados apenas quando necessários (Fig. 11).

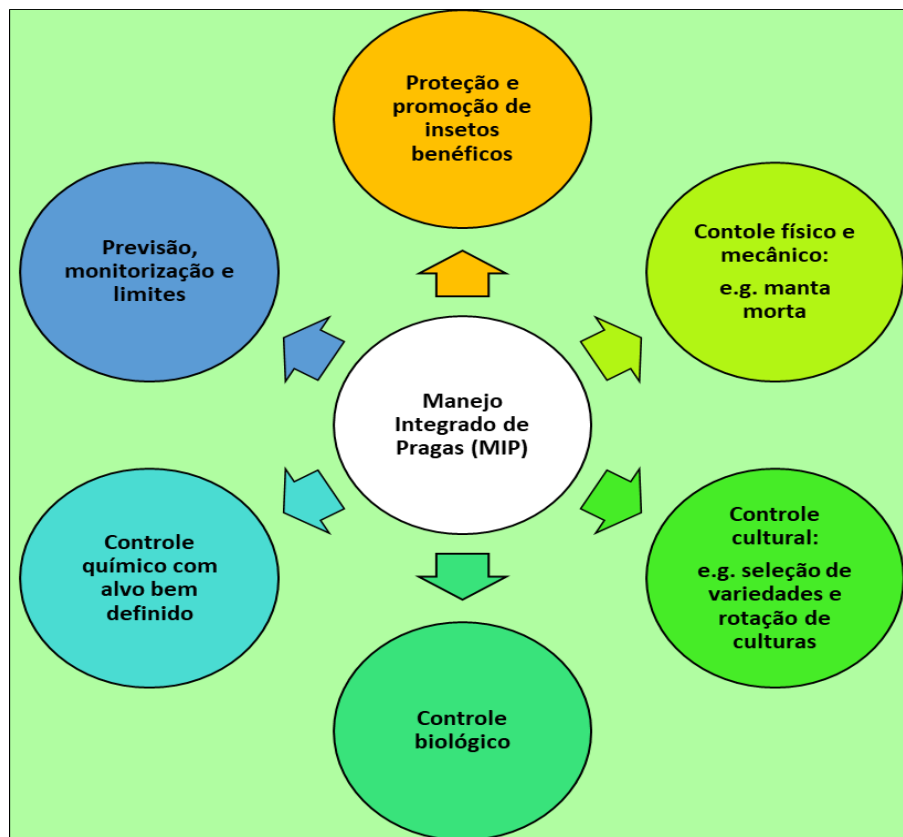


Figura 11 – Componentes para um controle do manejo integrado de pragas num sistema agro-intervencionado. (adaptado de <https://www.fas.scot/environment/biodiversity/integrated-pest-management/>, último acesso em 18/11/2021).

Os biopesticidas microbianos permitem controlar uma variedade de pragas e doenças em alimentos e sistemas agrícolas e, ao mesmo tempo, reduzir problemas como a perda de organismos benéficos (e.g. polinizadores, etc.), danos nos habitats da vida selvagem e efeitos adversos à saúde ambiental e humana que os pesticidas convencionais são causadores.

No entanto, existem algumas desvantagens no uso dos biopesticidas, como é a sua suscetibilidade ao estresse ambiental e o fato deles precisarem de serem mantidos vivos até à sua aplicação. A bactéria *Bacillus thuringiensis* é um dos biopesticidas mais conhecidos pela produção, durante a formação de esporos, de uma endotoxina delta altamente específica que se liga e destrói o revestimento celular do trato digestivo do inseto, fazendo com que o inseto pare de se alimentar e morra. Os fungos podem ser igualmente usados como biopesticidas para controlar doenças de plantas ervas daninhas. Eles operam por meio de exclusão competitiva, (e.g. micoparasitismo e

produção de metabólitos) afetando adversamente os organismos-alvo. Os biopesticidas fúngicos comerciais mais conhecidos são *Trichoderma* spp., *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae*.

Com a nova visão de uma economia circular, ou seja, com o fim do conceito de que a cadeia de produção era linear e a vida útil de um produto terminaria em resíduos sem qualquer valor agregado, temos no mundo da agricultura sustentável uma oportunidade de encontrar novos destinos às grandes quantidades de subprodutos agroindustriais gerados em todo o mundo, incluindo palha, caules, folhas, cascas, sementes, frutas polpa, bagaço de cana-de-açúcar, moagem de sorgo doce, borra de café etc. Muito desse material é feito de celulose, hemicelulose e lignina. A maioria é usada como ração animal ou queimada. No entanto, vários grupos de fungos são capazes de decompor essas substâncias e convertê-los em composto que pode ser usado como corretor do solo. A nível individual, a compostagem tem ganhado cada vez mais adeptos conscientes do seu papel em resolução dos grandes problemas ambientais, ou seja, no pressuposto que atuando localmente se atua globalmente (Fig. 12).

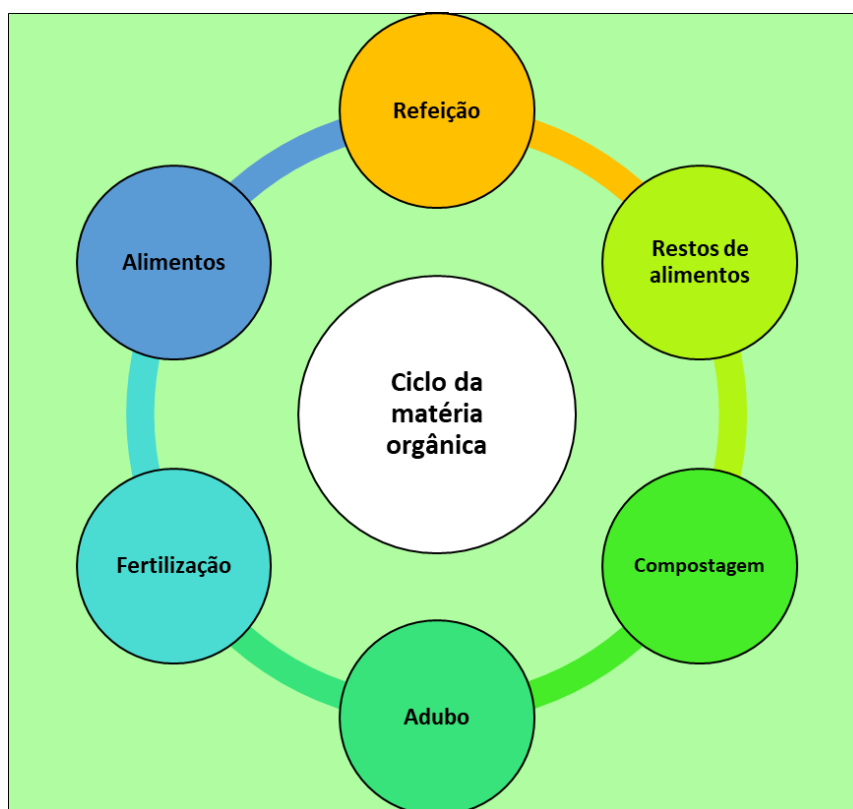


Figura 12 – Ciclo do uso da matéria orgânica para a compostagem.

Vários subprodutos agroindustriais também podem ser usados como substratos para a produção de cogumelos comestíveis (e.g. *Agaricus bisporus*, ou popularmente conhecido pelo “champignon de Paris”) ou fungos medicinais (e.g. *Ganoderma*, para mais detalhes consultar Paterson; Lima (2014)), produção de metabólitos microbianos (e.g. enzimas) e ainda para a biorremediação (FAO, 2019). Assim, o ciclo da matéria orgânica se reequilibra e se torna um paradigma para, numa visão mais ampla, aplicar aos sistemas de produção alimentar também a capacidade de circularizar a sua economia (Fig. 13).

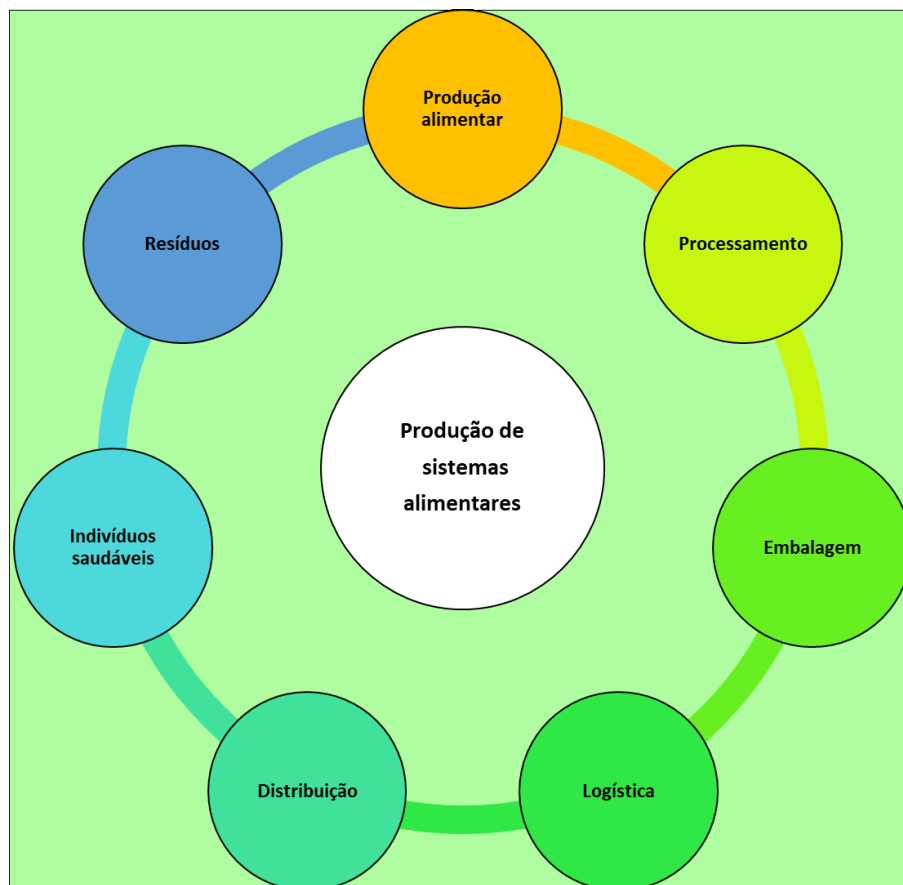


Figura 13 – Novo paradigma de produção de sistemas alimentares circulares.

## 6. CONCLUSÕES

Dada a importância demonstrada neste trabalho, mesmo de forma generalista e abrangente, do papel dos recursos microbianos para uma agricultura e alimentação sustentável, fica o desafio destes serem mais estudados e, de preferência, depois de bem caracterizados depositados nos

## IV SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS: EM BUSCA DA SUSTENTABILIDADE

- XX Semana Acadêmica do Curso de Agronomia
- XII Semana Acadêmica do Curso de Medicina Veterinária
- Semana Acadêmica do Curso de Ciências Biológicas

8, 9 e 10 de novembro de 2021



APOIO:



CRmB. Somente com a integração e reconhecimento do papel dos recursos microbianos para uma agricultura sustentável e novas soluções de produtos alimentares será possível contrariar o que foi referido por nós como a “tempestade perfeita” que atualmente vivemos. Tornar ecológica 25% da agricultura da União Europeia até ao ano de 2030, reduzir a perda de nutrientes para pelo menos 50%, criar rótulos de sustentabilidade alimentar, reduzir o desperdício alimentar em 50%, até 2030 e dedicar 10 bilhões de euros à investigação e inovação relacionada com esta temática são ainda metas ambiciosas, mas que refletem a urgência de encontrar soluções não só à escala regional, mas também global. Para isso, estamos convictos que conhecer e explorar este tesouro que são os recursos microbianos, compreender melhor o microbioma do solo e das plantas, serão contributos ainda para melhor explorar e para podermos, coletivamente, encarar o futuro da agricultura e da segurança alimentar (ODS Nº 2) com maior sustentabilidade.

### REFERÊNCIAS

- AGRIMONTI, C.; LAURO, M.; VISIOLI, G. Smart agriculture for food quality: facing climate change in the 21st century. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 61, 971-981, 2021.
- BÄCKHED, F.; LEY, R. E.; SONNENBURG, J. L. et al. Host–bacterial mutualism in the human intestine. **Science**, 307, 1915-1920, 2005.
- BALDRIAN, P.; VĚTROVSKÝ, T.; CAJTHAML, T. et al. Estimation of fungal biomass in forest litter and soil. **Fungal Ecology**, 6, 1-11, 2013.
- BERG, G.; RYBAKOVA, D.; FISCHER, D. et al. Microbiome definition re-visited: old concepts and new challenges. **Microbiome** 8, 103, 2020.
- BRUNDTLAND, G. H. Our common future: report of the world commission on environment and development. Geneva: UN-Document A/42/427, 1987. Disponível em: <https://digitallibrary.un.org/record/139811?ln=en> (Último acesso em 18/11/2021).
- CARSON, R. Silent spring. New York: Houghton Mifflin Company, 1962.
- COSTANZA, R.; MAGEAU, M. What is a healthy ecosystem? **Aquatic Ecology**, 33, 105–115, 1999.
- DECRETO LEGISLATIVO, nº. 2, de 5 de junho, Convenção sobre a Diversidade Biológica, 1992. Disponível em: <http://www.ctit.ufmg.br/wp-content/uploads/2017/03/Decreto-Legislativo-n%C2%B0-2-de-1994-Conven%C3%A7%C3%A3o-sobre-a-Diversidade-Biol%C3%B3gica-%E2%80%93-CDB.pdf>. (Último acesso em 18/11/2021).
- DROUIN, A.-M.; ASTOLFI, J.-P. Milieu. **Aster**, 3, 73-109, 1986.
- EC – EUROPEAN COMMISSION. The European green deal. Disponível em: [https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/european-green-deal-communication\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/european-green-deal-communication_en.pdf). (Último acesso em 18/11/2021).
- EFSA - EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY. The 2014 European Union report on pesticide residues in food – European Food Safety Authority. **EFSA Journal**, 14, 10, 2016.
- EHRlich, P. R. The population bomb. New York: Ballantyne Books, 1968.
- EHRlich, P. R.; EHRlich, A. H. The Population Bomb Revisited. **The Electronic Journal of Sustainable**

- XX Semana Acadêmica do Curso de Agronomia
- XII Semana Acadêmica do Curso de Medicina Veterinária
- Semana Acadêmica do Curso de Ciências Biológicas

**8, 9 e 10 de novembro de 2021**



APOIO:



- Development** 1(3), 2009. Disponível em: <http://www.populationmedia.org/wp-content/uploads/2009/07/Population-Bomb-Revisited-Paul-Ehrlich-20096.pdf> (Último acesso em 18/11/2021).
- FAO. The state of the world's biodiversity for food and agriculture. BÉLANGER J.; PILLING, D. (Eds.). Rome: FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments, 1-572, 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/3/CA3129EN/CA3129EN.pdf>. (Último acesso em 18/11/2021).
- GROOT, M. J.; HOOFT, K. E. The hidden effects of dairy farming on public and environmental health in the Netherlands, India, Ethiopia, and Uganda, Considering the use of antibiotics and other agro-chemicals. **Frontier Public Health**, 4, 12, 24, 2016.
- HAWKSWORTH, D. L. The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance, and conservation. **Mycology Research** 95, 641–655, 1991.
- HAWKSWORTH, D. L. The magnitude of fungal diversity: the 1.5 million species estimate revisited. **Mycology Research** 105, 1422–1432, 2001.
- KAUR, P.; PUREWAL, S. S. Biofertilizers and their role in sustainable agriculture. In: GIRI, B.; PRASAD, R.; WU, Q.S.; VARMA, A. (Eds). Biofertilizers for sustainable agriculture and environment. Soil Biology, vol 55. Cham: Springer, 2019.
- LIMA, N. Centro de recursos biológicos: novos desafios para as coleções de culturas. In: Micologia, avanços no conhecimento. NUNES, M. L.; BANDARRA N. M. (Eds), Recife: Ed. Universitária da UFPE, 173-180, 2007.
- LOPES, C. V. A.; ALBUQUERQUE, G. S. C. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. **Saúde Debate**, 42, 117, 518- 534, 2018. Disponível em: <https://scielosp.org/pdf/sdeb/2018.v42n117/518-534/pt> (Último acesso em 18/11/2021).
- LUTZEMBERGER J. A. Fim do futuro? Manifesto ecológico brasileiro. Porto Alegre: Editora Movimento, 1976.
- OECD: Biological Resource Centres: Underpinning the future of life sciences and biotechnology. 2001. Disponível em: <https://www.oecd.org/sti/emerging-tech/2487422.pdf>. (Último acesso em 18/11/2021).
- OECD: Best Practice Guidelines for Biological Resource Centers (June 2007). 2007. Disponível em: <http://www.oecd.org/health/biotech/oecdbestpracticeguidelinesforbiologicalresourcecentres.htm>. (Último acesso em 18/11/2021).
- OVERMANN, J.; SMITH D. Microbial resource centers contribute to bioprospecting of bacteria and filamentous microfungi. In: PATERSON, R.; LIMA, N. (Eds) Bioprospecting: success, potential and constraints. Cham: Springer, 51–79, 2017.
- PATERSON, R. R.M.; LIMA, N. Biomedical effects of mushrooms with emphasis on pure compounds. **Biomedical Journal** 37, 357-368, 2014.
- PRIMAVESI, A. Manejo ecológico do solo - A agricultura em regiões tropicais. 2 Edição, São Paulo: Nobel, 1980.
- QUIZA, L.; ST-ARNAUD, M.; YERGEAU; E. Harnessing phytomicrobiome signaling for rhizosphere microbiome engineering. **Frontiers in Plant Science** 6, 507, 2015. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpls.2015.00507> (Último acesso em 18/11/2021).
- RIBEIRO, M. G.; COLASSO, C.G.; MONTEIRO, P. P. et al. Occupational safety and health practices among flower greenhouses workers from Alto Tietê region (Brazil). **Science of The Total**



- XX Semana Acadêmica do Curso de Agronomia
- XII Semana Acadêmica do Curso de Medicina Veterinária
- Semana Acadêmica do Curso de Ciências Biológicas

**8, 9 e 10 de novembro de 2021**



APOIO:



**Environment** 416, 121-126, 2012.

- ROCKSTRÖM, J.; STEFFEN, W.; NOONE, K.; et al. Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. **Ecology and Society** 14, 32, 2, 2009.
- RODRIGUEZ, S.I.; ROMAN, M.S.; STURHAHN, S.C.; TERRY, E.H. Sustainability assessment and reporting for the university of michigan's ann arbor campus. Center for Sustainable Systems, Report No. CSS02-04. Michigan: University of Michigan, Ann Arbor, 2002. Disponível em: [https://css.umich.edu/sites/default/files/css\\_doc/CSS02-04.pdf](https://css.umich.edu/sites/default/files/css_doc/CSS02-04.pdf) (Último acesso em 18/11/2021).
- SAVAGE, D. C. Microbial ecology of the gastrointestinal tract. **Annual Review of Microbiology** 31, 107–133, 1977.
- SCHLOSS, P.D.; HANDELSMAN, J. Status of the microbial census. **Microbiology and Molecular Biology Reviews** 68, 686–691, 2004.
- SCHÜNGEL, M.; STACKEBRANDT, E. Microbial resource research infrastructure (MIRRI): infrastructure to foster academic research and biotechnological innovation. **Biotechnology Journal** 10, 17–19, 2015.
- SILVA, T. P. P.; MOREIRA, J. C.; PERES, F. Serão os carrapaticidas agrotóxicos? Implicações na saúde e na percepção de riscos de trabalhadores da pecuária leiteira. **Ciência & Saúde Coletiva** 17, 311–325, 2012.
- SMITH, D.; McCluskey, K.; STACKEBRANDT, E. Investment into the future of microbial resources: culture collection funding models and BRC business plans for biological resource centres. **Springerplus** 3, 81, 2014
- SIMÕES, M. F.; PEREIRA, L.; SANTOS, C. et al. Polyphasic identification and preservation of fungal diversity: concepts and applications. In: MALIK, A.; GROHMANN, E.; ALVES, M. (Eds) Management of microbial resources in the environment. Cap. 5, 91-117, Dordrecht: Springer, 2013.
- STACKEBRANDT, E.; SCHÜNGEL M.; MARTIN, D. et al. The microbial resource research infrastructure MIRRI: strength through coordination. **Microorganisms** 3, 890–902, 2015.
- STACKEBRANDT, E.; SMITH, D.; CASAREGOLA, S. et al. Deposit of microbial strains in public service collections as part of the publication process to underpin good practice in science. **Springerplus** 3, 208, 2014,
- UN 2000. Declaração do Milénio das Nações Unidas. Disponível em: [https://gddc.ministeriopublico.pt/sites/default/files/declaracao\\_do\\_milenio\\_das\\_nacoes\\_unidas.pdf](https://gddc.ministeriopublico.pt/sites/default/files/declaracao_do_milenio_das_nacoes_unidas.pdf). (Último acesso em 18/11/2021).
- UN AGENDA 2030. Disponível em: <https://unric.org/pt/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel/> (Último acesso em 18/11/2021).
- UNESCO. Intergovernmental Conference on Environmental Education: Tbilisi (USSR), 14-26 October 1977. Final Report. Paris: UNESCO, 1987.
- WHITMAN, W. B., Coleman, D. C.; Wiebe, W. J. Prokaryotes: the unseen majority. **Proceedings of the National Academy of Sciences of U.S.A.** 95, 6578–6583, 1998.