

SUSTENTABILIDADE NA PRÁTICA: INFORMATIVO IBA-PACES



INSTITUTO BRASILEIRO
DE AGRICULTURA
SUSTENTÁVEL



PACES

Projetando Agricultura Compromissada em Sustentabilidade

ORGANIZADORES: Fernando Dini Andreote | Moacir Tuzzin de Moraes
Antônio Nascimento Teixeira

AUTORES: Jorge Robert Whately Adair | Mariana Faria Miyazaki
Gabriella Henrique Brandão | André Zanini Pimentel | Sophia Bez Ribeiro
Leandro Tanabe Biro | Rafael Badaró Alarcon Pereira | Vítor Seidinger de Souza
Benjamim Clemente Marinho | Afonso José Guedes Ming | Camila Pastori Ottani
Felipe Mondelli | Matheus de Azevedo Vieira | Rafael Afonso Loschi

SUSTENTABILIDADE NA PRÁTICA: INFORMATIVO IBA-PACES



INSTITUTO BRASILEIRO
**DE AGRICULTURA
SUSTENTÁVEL**



PACE S

Projetando Agricultura Compromissada em Sustentabilidade

Universidade de São Paulo
Reitor – Aluisio Augusto Cotrim Segurado
Vice-reitora – Liedi Légi Bariani Bernucci

Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”
Diretora – Thais Maria Ferreira de Souza Vieira
Vice-Diretor – Marcos Milan

Projetando Agricultura Compromissada em
Sustentabilidade
Orientador – Fernando Dini Andretote
Coorientador – Mocir Tuzzin de Moraes

Instituto Brasileiro de Agricultura Sustentável
Presidente – Antônio Nascimento Teixeira

SUSTENTABILIDADE NA PRÁTICA: INFORMATIVO IBA- PACES

REALIZAÇÃO



ESALQ



PACE S

Projetando Agricultura Compromissada em Sustentabilidade



INSTITUTO BRASILEIRO
DE AGRICULTURA
SUSTENTÁVEL

Catálogo na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP

Sustentabilidade na prática: informativo IBA-PACES [recurso eletrônico] / autores Jorge Robert Whately Adair ... [et al.]; organizadores Fernando Dini Andreote, Moacir Tuzzin de Moraes e Antônio Nascimento Teixeira. - - Piracicaba : ESALQ - Instituto Brasileiro de Agricultura Sustentável, 2026.
33 p. : il.

ISBN: 978-85-86481-89-5

1. Agricultura sustentável 2. Clima 3. Controle biológico 4. Plantas de cobertura 5. Pragas de plantas 6. Solos 7. Sustentabilidade I. Adair, J. R. W. II. Myazaki, M. F. III. Biro, L. T. IV. Pereira, R. B. A. V. Souza, V. S. de VI. Marinho, B. C. VII. Ming, A. J. G. VIII. Ottani, C. P. IX. Mondelli, F. X. Vieira, M. de A. XI. Loschi, R. A. XII. Brandão, G. H. XIII. Andreote, F. D., org. XIV. Moraes, M. T. de., org. XV. Teixeira, A. N., org. XVI. Título

CDD 630.2745

Elaborada por Maria Angela de Toledo Leme - CRB-8/3359



Esta obra é de acesso aberto. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e a autoria e respeitando a Licença Creative Commons

SUMÁRIO

Apresentação	6
Braquiárias como plantas de cobertura	7
Efeitos de El Niño e La Niña na agricultura	12
<i>Beauveria bassiana</i>: controle biológico	16
Matéria orgânica e carbono no solo	21
Métodos de análise física do solo	26
Referências	30

APRESENTAÇÃO

Este informativo surgiu por iniciativa do IBA (Instituto Brasileiro de Agricultura Sustentável), parceiro nosso do PACES (Projetando Agricultura Compromissada em Sustentabilidade) da ESALQ/USP, como forma de tornar mais acessíveis os textos de revisões por nós escritos e mensalmente publicados no site do Instituto.

Para nós, é uma imensa satisfação poder contribuir, mesmo que um pouco, ao disseminar o conhecimento da universidade e da academia para pessoas de fora, que vivem e lutam no campo, buscando alimentar o mundo, a fim de tornar os sistemas de produção mais prósperos e sustentáveis.

Esperamos que você possa ter uma proveitosa leitura!

Equipe PACES

BRAQUIÁRIAS COMO PLANTAS DE COBERTURA

O uso de braquiárias (Figura 2.1) como plantas de cobertura tem se consolidado como uma das estratégias mais eficazes para promover a sustentabilidade em sistemas agrícolas tropicais. No contexto do Sistema de Plantio Direto (SPD), essas espécies exercem papel crucial na manutenção da cobertura do solo, no sequestro de carbono, na supressão de plantas daninhas e na melhoria da estrutura física e biológica do solo.

Dentro do grupo PACES (Projetando Agricultura Compromissada em Sustentabilidade), são destacados resultados concretos de experimentos conduzidos com *Urochloa ruziziensis* e *Urochloa brizantha* cv. Piatã em consórcios agrícolas, revelando o valor técnico dessas espécies para a agricultura moderna.

Figura 2.1 - Braquiária-ruziziensis (*Urochloa ruziziensis*)



Foto: J. E. Carvalho (2015).

Um dos sistemas avaliados foi o consórcio entre o milho (*Zea mays*) e a *Urochloa brizantha* cv. Piatã, no contexto do Sistema Santa Fé (Figura 2.2). A pesquisa de Ceccon *et al.* (2012) demonstrou que a produtividade de milho não foi comprometida pela introdução da braquiária, sendo o destaque a produção de fitomassa da forrageira, que variou conforme a modalidade de plantio (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 - Produção de biomassa de *U. brizantha* consorciada com milho

Modalidade	Produção de fitomassa (kg ha ⁻¹)
Piatã solteira	5080,03 a
Entrelinha	3686,03 ab
Linha e entrelinha	3253,95 b
Média	4006,67

Fonte: adaptada de Ceccon *et al.* (2012).

O cultivo exclusivo da braquiária (Piatã solteira) gerou mais de 5 toneladas de matéria seca por hectare. Entretanto, os sistemas em entrelinhas ou em linha e entrelinhas também proporcionaram boa cobertura vegetal, sem interferir na cultura principal. Esses dados endossam a braquiária como alternativa viável para integração lavoura-pecuária, especialmente pela possibilidade de uso posterior como pastagem ou silagem.

O cultivo exclusivo da braquiária (Piatã solteira) gerou mais de 5 toneladas de matéria seca por hectare. Entretanto, os sistemas em entrelinhas ou em linha e entrelinhas também proporcionaram boa

Figura 2.2 - Milho em sistema Santa Fé



Foto: R. S. Fontanelli (2013).

cobertura vegetal, sem interferir na cultura principal. Esses dados endossam a braquiária como alternativa viável para integração lavoura-pecuária, especialmente pela possibilidade de uso posterior como pastagem ou silagem.

Outro estudo de destaque foi conduzido por Bessa (2020), no município de Montividiu-GO, avaliando o desempenho do sorgo (*Sorghum bicolor*) em consórcio com *Urochloa ruziziensis*. O experimento testou diferentes densidades de semeadura da forrageira (0 a 100 sementes viáveis/m²) e dois métodos de plantio (a lanço e entrelinha), totalizando 10 tratamentos distintos. As análises indicaram que o plantio a lanço resultou em maior produtividade de grãos do sorgo (1.746 kg/ha) e acúmulo total de biomassa.

Por outro lado, a semeadura na entrelinha favoreceu a produção de biomassa da *U. ruziziensis* (3.030 kg/ha), oferecendo maior potencial como cobertura morta. Es-

se tipo de arranjo é vantajoso para áreas que demandam alta cobertura do solo e controle de plantas invasoras, mesmo que, em densidades elevadas, haja competição que afete o crescimento do sorgo (Bessa, 2020). A escolha entre maior produção de grãos ou cobertura vegetal pode ser feita conforme o objetivo do produtor.

Além de culturas anuais, as braquiárias também mostraram bom desempenho em consórcio com culturas perenes, como o cafeeiro e o abacateiro. Em cultivos intercalados, como evidenciado por Ragassi *et al.* (2013), a presença de braquiária entre as fileiras de café contribuiu para regular a temperatura do solo, formar bioporos para o enraizamento da cultura e ciclar nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio, além de fornecer cobertura morta com efeito supressor de daninhas.

Experimentos semelhantes em pomares de citros, como o de Bremer Neto (2007), reforçaram que a *U. ruziziensis*, isolada ou combinada com leguminosas como amendoim-forrageiro e estilosantes, reduziu significativamente a biomassa de plantas daninhas. Isso foi comprovado por meio de um gráfico que comparou os tratamentos (Tabela 2.2) e mostrou a superioridade dos que incluíam braquiária (Gráfico 2.1).

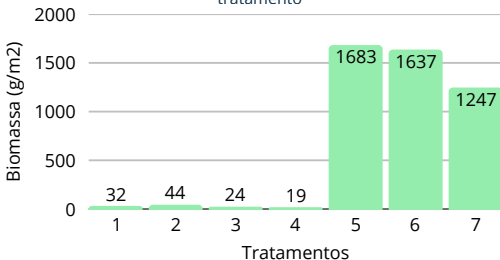
Esses experimentos práticos comprovam que as braquiárias oferecem alternativas seguras e multifuncionais na agricultura sustentável. Além de

Tabela 2.2 - Tratamentos do experimento de Bremer Neto (2007)

Tratamento	Vegetação intercalar	Linha da cultura
1	<i>Urochloa ruziziensis</i>	sem cobertura morta
2	<i>U. ruziziensis</i>	com cobertura morta
3	<i>U. ruziziensis</i>	com cobertura morta
4	<i>U. ruziziensis</i> e amendoim-forrageiro	com cobertura morta
5	<i>U. ruziziensis</i> e estilosantes	com cobertura morta
6	Capim-marmelada	com cobertura morta
7	Estilosantes	com cobertura morta

Fonte: adaptado de Bremer Neto (2007).

Gráfico 2.1 - Biomassa de plantas daninhas (g/m²) para cada tratamento



Fonte: adaptado de Bremer Neto (2007).

servir como barreira física contra erosão e plantas daninhas, elas contribuem para o acúmulo de matéria orgânica, melhoria da estrutura do solo e até aumento da produtividade agrícola, quando bem manejadas. As evidências aqui apresentadas mostram que a integração entre ciência, prática e manejo inteligente é o caminho para a resiliência dos sistemas agrícolas.

EFEITOS DE EL NIÑO E LA NIÑA NA AGRICULTURA

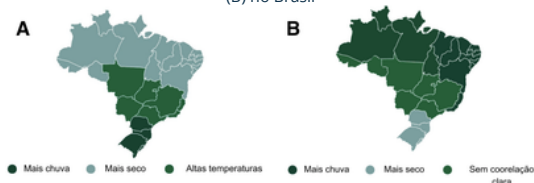
Nos agrossistemas, há dois componentes para o meio físico: o solo e a atmosfera. Assim, as condições meteorológicas exercem enorme influência sobre a agricultura, sendo bastante importantes a chuva e a temperatura. Nesse contexto, muito se discute acerca dos fenômenos El Niño e La Niña, os quais se relacionam a uma série de fatores climáticos e os quais afetam diversas regiões do mundo, incluindo o Brasil (Las Schaab, 2018). Dessa forma, o grupo PACES explica esses eventos e destaca, com base em experimentos, os seus efeitos na agricultura brasileira.

Quanto ao El Niño — o qual decorre do aquecimento das águas do Oceano Pacífico próximas à costa da América do Sul —, seus efeitos sobre o Brasil relacionam-se principalmente sobre as chuvas e a temperatura nas regiões afetadas, o que se resume na figura 3.1A. Embora as consequências nem sempre sejam as mesmas, o INPE (2023) destaca que, no Nordeste, ocorrem secas expressivas na época das águas, entre fevereiro e maio, enquanto que, no Sul, chove em abundância e eleva-se a temperatura média. Já nas demais regiões, o El Niño provoca temperaturas mais altas e aumenta a probabilidade de ocorrerem incêndios durante a estiagem.

Quanto ao La Niña — o qual resulta do esfriamento

das águas do Oceano Pacífico próximas à costa sul-americana —, por sua vez, os efeitos mais notáveis no Brasil (Figura 3.1B) são que, no Nordeste, a precipitação pluvial tende a aumentar e a temperatura cai e que, no Sul, chove menos. As outras regiões brasileiras não apresentam correlação tão clara das condições do tempo com o La Niña (INPE, 2023).

Figura 3.1 - Representação dos efeitos do El Niño (A) e do La Niña (B) no Brasil



Fonte: adaptado de Honorato (2023).

À luz desses efeitos, Araújo (2012) estudou as consequências que esses fenômenos climáticos acarretam à agricultura nas regiões Sul e Nordeste do Brasil. Como se observa na tabela 3.1, a produção de milho, arroz, trigo e soja tendem a diminuir nos estados sulistas tanto para El Niño, em decorrência do excesso de chuva, quanto para Niña, em razão da estiagem.

O mesmo estudo mostra que, no Nordeste, por sua vez, a produção de cana-de-açúcar e mandioca, além de, tal qual disposto na tabela 3.2, milho e feijão, re-

duziu para El Niño, dado o agravamento da seca, porém aumentou em alguns estados para La Niña, por causa do aumento das chuvas.

Tabela 3.1 - Efeito do El Niño e do La Niña sobre a produção agrícola no Sul do Brasil

Milho				
Região/Estados	Municípios	El Niño	La Niña	Produtividade Média
Sul	588	-0,960	-1,229	2,366
Parana	277	-0,714	-1,240	2,455
Santa Catarina	180	-0,874	-1,177	2,566
Rio Grande do Sul	131	-1,597	-1,278	1,901
Arroz				
Sul	588	-0,011	-0,255	2,135
Parana	277	0,050	-0,219	1,612
Santa Catarina	180	-0,019	-0,265	2,578
Rio Grande do Sul	131	-0,133	-0,317	2,630
Trigo				
Sul	588	-0,053	-0,677	0,783
Parana	277	-0,008	-0,710	0,998
Santa Catarina	180	-0,041	-0,647	0,389
Rio Grande do Sul	131	-0,110	-0,676	0,868
Soja				
Sul	588	-0,960	-0,255	1,221
Parana	277	-0,714	-0,219	1,606
Santa Catarina	180	-0,874	-0,265	0,647
Rio Grande do Sul	131	-1,597	-0,317	1,198

Fonte: adaptado de Araújo (2012).

Para mitigar os efeitos deletérios que esses fenômenos climáticos possam exercer sobre a lavoura, algumas práticas agrônômicas podem ser recomendadas, como: evitar práticas de revolvimento profundo do solo e manter a palhada em caso de chuvas mais intensas, escalonar o plantio a fim de evitar perder toda a produção se ocorrer alguma condição adversa e respeitar o zoneamento agrícola de risco climático (ZARC) (Comunello *et al.*, 2023). Além disso, em ensaio de coinoculação de bactérias promotoras de crescimento na soja, Spanevello *et al.*

(2023) demonstraram que *Bacillus subtilis* e *Bacillus aryabhattai* foram benéficos no desempenho da leguminosa sob La Niña quando inoculados com *Bradyrhizobium japonicum*.

Tabela 3.2 - Efeito de El Niño e La Niña sobre a produção agrícola no região Nordeste

Milho				
Nordeste	1297	-0,279	-0,028	0,522
Maranhão	113	-0,239	-0,007	0,537
Piauí	80	-0,274	-0,034	0,541
Ceara	138	-0,247	0,026	0,502
Rio Grande Norte	147	-0,206	0,005	0,339
Paraíba	168	-0,207	0,008	0,405
Pernambuco	163	-0,216	-0,014	0,408
Alagoas	87	-0,270	-0,001	0,437
Sergipe	74	-0,313	0,031	0,716
Bahia	327	-0,402	-0,121	0,697
Feijão				
Nordeste	1297	-0,180	-0,146	0,367
Maranhão	113	-0,176	-0,160	0,420
Piauí	80	-0,181	-0,152	0,264
Ceara	138	-0,176	-0,158	0,285
Rio Grande Norte	147	-0,174	-0,157	0,280
Paraíba	168	-0,172	-0,158	0,276
Pernambuco	163	-0,173	-0,151	0,304
Alagoas	87	-0,178	-0,150	0,370
Sergipe	74	-0,184	-0,145	0,379
Bahia	327	-0,193	-0,123	0,522

Fonte: adaptado de Araújo (2012).

Assim, os trabalhos trazidos na presente revisão servem para elucidar a respeito de como ocorrem El Niño e La Niña e seus efeitos sobre a agricultura brasileira, os quais são mais pronunciados nas regiões Sul e Nordeste. Diante dessas condições, algumas medidas foram estudadas para reduzir os prejuízos decorrentes desses eventos climáticos, incluindo o uso de bioinsumos. Esse conhecimento é fundamental para a sustentabilidade da agricultura dado o impacto que o clima detém sobre as lavouras.

BEAVERIA BASSIANA: CONTROLE BIOLÓGICO

Embora possam passar despercebidos, os fungos entomopatogênicos são aliados no controle de pragas, sendo capazes de combater diversas espécies (Rohrig, 2021). Por isso, são conhecidos como biopesticidas ou como inseticidas microbianos (Vallin, 2022). Nesse contexto, o grupo PACES realiza este estudo para averiguar a eficiência de controle de pragas de importância econômica com o fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana* (Figura 4.1), o qual ataca mais de 700 insetos-praga, como alternativa aos produtos químicos, que, muitas vezes, têm apresentado dificuldades em controlar os seguintes insetos: broca-do-café, cigarrinha-do-milho, lagarta-do-cartucho e mosca-branca.

Figura 4.1 - Cigarrinha-do-milho colonizada por *B. bassiana*



Foto: A. H. da Silva.

Uma das principais pragas do café, encontrada em todas as regiões produtoras de café do mundo, é a broca-do-café (*Hypothenemus hampei*), podendo ter redução de até 20% no peso dos grãos de café (Laurentino; Costa, 2004). Nesse cenário, Santinato *et al.* (2004) realizaram um estudo avaliando o controle da praga por *B. bassiana*, evidenciando-se sua eficácia, principalmente nas doses de 0,5 mL e 1,0 mL repetidas três vezes (Tabela 4.1). Além disso, os autores recomendam a utilização do fungo em associação com químicos para controle da broca, por esse biológico apresentar uma longa ação residual, fato que os químicos não apresentam.

Tabela 4.1 - Frutos brocados pelos tratamentos após 30, 60 e 90 dias da aplicação de Boveril, em que FB é o número de frutos brocados e em que FBV é o número de frutos com broca viva

Tratamentos	Dose	DAA					
		30		60		90	
		FB	FBV	FB	FBV	FB	FBV
Testemunha	-	6,75	4,0	9,5	5,0	11,0	7,0
Boveril	500 x 2	2,25	0,75	3,0	1,75	5,5	3,25
Boveril	500 x 3	1,5	0,5	1,75	1,0	2,25	2,0
Boveril	1000 x 2	2,0	1,25	3,25	1,5	4,25	3,5
Boveril	1000 x 3	0,75	0,25	0,75	0,5	1,5	1,75
Boveril	2000 x 3	1,25	0,0	2,0	1,5	5,75	3,5

Fonte: Santinato *et al.* (2004).

Quanto à cultura do milho, atualmente a cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*) é considerada praga-chave por ser vetora dos agentes causais do complexo de enfezamento, responsáveis por até 70% da perda de produtividade do milho (Ávila *et al.*, 2021). Assim, em estudo realizado por Silva *et al.*

(2009), foi testado o potencial de *B. bassiana* no controle da cigarrinha-do-milho. Como se vê na tabela 4.2, de forma geral, o fungo teve sucesso no controle, e os autores concluem que, com a persistência a longo prazo do fungo, este poderá ser capaz de reduzir drasticamente a ocorrência da cigarrinha.

Tabela 4.2 - Número total de *D. maidis* e percentual de eficiência de *B. bassiana* no controle 5, 10 e 15 dias após aplicação

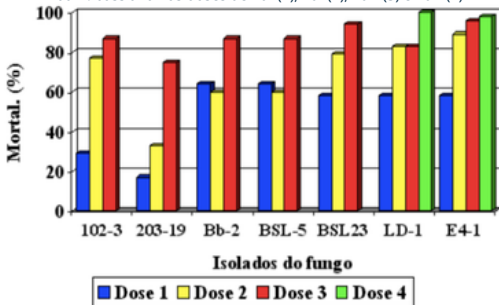
Tratamento	5 DAA		10 DAA		15 DAA	
	Total	% EF	Total	% EF	Total	% EF
<i>B. bassiana</i> (1x10 ¹²)	17	33	27	-	43	-
<i>B. bassiana</i> (2x10 ¹²)	16	38	24	-	28	35
<i>B. bassiana</i> (4x10 ¹²)	20	23	14	18	33	23
<i>B. bassiana</i> (8x10 ¹²)	13	50	25	-	74	-
Testemunha	26	-	17	-	43	-

Fonte: Santinato *et al.* (2004).

Outro experimento, conduzido por Cruz *et al.* (2000), estudou o uso de *B. bassiana* no controle da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), praga de enorme relevância em diversas culturas, com destaque para o milho. No ensaio, os autores mostram que a menor concentração utilizada, de 107 conídios/mL, ocasionou uma mortalidade da praga abaixo de 30%, enquanto, nos demais tratamentos, observaram uma média de entre 58 e 65%. Já nas doses mais altas, de 109 conídios/mL, a mortalidade foi de no mínimo 80% (Gráfico 4.1). Além disso, evidenciou-se o tempo médio para a mortalidade das lagartas após a inoculação fungo, que variou de 3,97 a 5,00 dias. Portanto, para os isolados do fungo que se mostraram potencialmente virulentos, a mortalidade das lagartas aumentou em

função da concentração de *B. bassiana* (Cruz *et al.*, 2000).

Gráfico 4.1 - Mortalidade média (%) de *S. frugiperda* sujeitas a isolados da *B. bassiana* nas doses de 10^7 (1), 10^8 (2), 10^{10} (3) e 10^{10} (4)



Fonte: Silva *et al.* (2009).

No caso da *Bemisia tabaci*, por sua vez, Bertolucci (2018) estudou a efetividade do controle biológico da mosca a partir da *B. bassiana* e de óleos de nim e laranja na cultura da couve. Assim, verificou-se Boveril atingiu resultado satisfatório nas fases de ninfa com mais de 50% de eficiência em todas as aplicações, do mesmo modo os ésteres de ácidos graxos, que tem como princípio ativo o limoneno, atingiram níveis satisfatórios de controle na fase ninfal.

Dessa forma, considerando a crescente demanda por defensivos agrícolas nas lavouras, discute-se mais sobre as resistências selecionadas das pragas

as moléculas químicas. Anualmente, o número de casos de insetos e patógenos resistentes às moléculas aumenta, preocupando técnicos e produtores. Portanto, haja vista os estudos trazidos no presente trabalho, utilizar os microrganismos com potencial de controle sobre essas pragas, como os fungos entomopatogênicos — a exemplo da *B. bassiana* —, tem se tornado uma alternativa interessante, por ter um menor custo, uma boa eficiência e gerar menos impactos ambientais (Rohrig, 2021).

MATÉRIA ORGÂNICA E CARBONO NO SOLO

A matéria orgânica é um dos pilares para a produtividade nos solos tropicais, auxiliando no incremento de atributos físicos, químicos e biológicos das lavouras. Para melhor avaliar a participação da matéria orgânica, o carbono no solo é também uma ferramenta fundamental. Nesse contexto, o grupo PACES traz, com base em experimentos e estudos científicos, a presente revisão a respeito de como o carbono e a matéria orgânica (Figura 5.1) se comportam nos solos, além da forma como o manejo sustentável influi sobre eles dentro do contexto agrícola.

A princípio, conceitua-se brevemente a matéria orgânica do solo (MOS) e explica-se sua dinâmica. A

Figura 5.1 - Matéria orgânica do solo



Foto: T. Rodrigues.

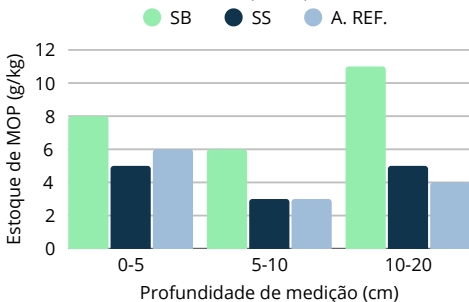
matéria orgânica consiste no carbono orgânico, isto é, de origem biológica, em diferentes estágios de decomposição, incluindo toda a fauna e flora do solo, substâncias humificadas e materiais carbonizados (Roscoe; Machado, 2002). Cunha *et al.* (2015) descrevem a dinâmica da MOS por meio de dois processos principais: a mineralização, em que o material orgânico fresco principalmente é transformado em minerais simples, e a humificação, pela qual o carbono orgânico restante assume forma mais estável, o húmus.

Existem muitas maneiras de classificar a MOS, sendo que, em experimento realizado por Rossi *et al.* (2012), ela foi dividida entre matéria orgânica particulada (MOP) — uma fração mais lábil, de decomposição e ciclagem mais rápida — e matéria orgânica ligada a minerais (MOM) — fração não lábil, dependente da transferência de MOP. No referido estudo, avaliou-se o teor de MOP e MOM em lavoura de soja sob os seguintes tratamentos:

- a) cultivo de braquiária na estação seca e soja durante as águas;
- b) cultivo de soja na primeira safra e sorgo na segunda safra;
- c) área de referência, com vegetação do Cerrado.

Rossi *et al.* (2012) concluíram que o tratamento com braquiária apresentou o maior teor de MOP ao longo do perfil do solo (Gráfico 5.1), de maneira que, sendo essa a forma de MOS mais suscetível ao manejo, a braquiária, mais que o sorgo, contribuisse para a incorporar mais matéria orgânica à lavoura.

Gráfico 5.1 - Estoque de matéria orgânica particulada sob o tratamento com braquiária (SB), com sorgo (SS) e a área de referência (A. REF.)



Fonte: adaptado de Rossi *et al.* (2012).

Outro aspecto importante da MOS, que envolve seu teor de carbono mais explicitamente, é a relação C/N. Novais *et al.* (2007) lecionam que ela varia a depender da planta, sendo que altas relações C/N tornam a decomposição do material mais lenta, e o contrário se dá a relações baixas, sob as quais a vegetação rapidamente se mineraliza. Assim, a palhada de gramíneas, de relação C/N elevada, podendo che-

gar a 90/1 no caso da cana-de-açúcar, pode ser aproveitada pela sua persistência em cobrir o solo, enquanto a de leguminosas, geralmente mais baixa, 18/1 no caso da soja, presta-se para o fornecimento rápido de nitrogênio. Dessa forma, Giacomini *et al.* (2003), estudando o efeito de diversas coberturas vegetais do solo, concluíram que o consórcio de leguminosas e gramíneas é o mais eficaz para o manejo sustentável do solo.

Quanto aos benefícios físicos para o solo, é bastante importante a forma como a MOS contribui para estabilizar os agregados, o que garante melhor infiltração de água, menor densidade superficial, proteção contra erosão e facilidade de enraizamento. Isso, por sua vez, revela uma das vantagens do sistema de plantio direto (SPD) sobre o plantio convencional, em que o primeiro favorece o acúmulo de matéria orgânica e o segundo, a sua degradação (Novais *et al.*, 2007). A respeito desse tema, Fabian (2009), em ensaio avaliando o efeito de plantas de cobertura no solo, concluiu que a estabilidade dos seus agregados aumentou sob uso de crotalária, milho e braquiária a 0-10 cm em comparação com a ausência de cobertura (Tabela 5.1).

Assim, considerando-se como a matéria orgânica beneficia os solos das lavouras física, química e biologicamente, faz-se cada vez mais importante entender como ela funciona nos agrossistemas: formas de aumentar seu aporte e reduzir suas perdas.

Tabela 5.1 - Estabilidade de agregados do solo em água em diferentes camadas depois do cultivo de soja ou milho, em 2004 e 2006

Coberturas de solo	2004	2006	2004	2006	2004	2006
	%					
	Camada 0-2,5 cm		Camada 2,5-5 cm		Camada 5-10 cm	
Crotalária	24	26 a	16	14 a	10	10 a
Milheto	25	25 a	15	13 a	10	7 ab
Braquiária	23	25 a	15	14 a	8	10 a
Ausência de cobertura	13	11 b	12	8 b	8	4 b

Fonte: adaptado de Rossi *et al.* (2012).

MÉTODOS DE ANÁLISE FÍSICA DO SOLO

A estrutura do solo é o arranjo de partículas minerais e orgânicas em unidades estruturais chamadas agregados. O arranjo dos agregados é crucial para a estrutura do solo, sendo essencial para a fertilidade e vulnerável aos tratamentos culturais. Dessa forma, embora seja comum realizar somente análises químicas do solo, as condições físicas são essenciais para o crescimento das plantas, o fluxo de água e a disponibilização de nutrientes (Brady; Weil, 2013; Lepsch, 2021). Assim, o grupo PACES traz, na presente revisão, métodos de análise física do solo de fácil aplicação e grande utilidade comprovada para o manejo sustentável e produtivo na agricultura.

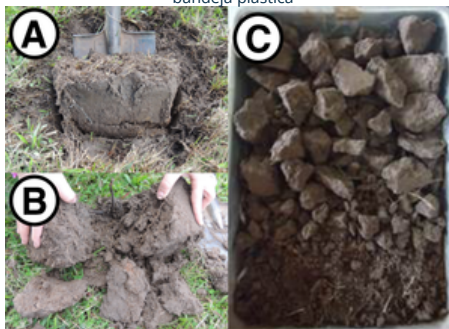
Primeiramente, tem-se a Avaliação Visual da Estrutura do Solo (VESS), pelo qual se afere a qualidade física do solo mediante características visuais. Seu procedimento resumido, como descritos por Tormena e Guimarães (2020), consiste em:

a) amostragem: realizada com uma pá reta em solo na consistência friável, devendo ser em área de cultivo (Figura 6.1A e 6.1B). Sugerem-se 10 pontos para talhões de até 5 ha;

b) avaliação: as amostras coletadas são dispostas em bandeja para serem avaliadas visualmente (Figura 6.1C);

c) atribuição de notas (Qc): varia de Qc1 (melhor estruturado) a Qc5 (degradado). Solos de qualidade superior (menor nota) apresentam maior presença de raízes, facilidade de esboroamento e porosidade.

Figura 6.1 - Coleta e preparo de amostras para VESS. A: extração de bloco de solo sob pastagem; B: esboroamento manual do bloco para avaliação; C: disposição dos agregados da amostra em bandeja plástica



Fonte: Penning *et al.* (2015).

Outro método simples e eficaz é o Diagnóstico Rápido de Estrutura do Solo (DRES), desenvolvido pela Embrapa, que avalia a estrutura da camada superficial (primeiros 25 cm) também a partir de características visuais, porém de maneira mais técnica, como forma e tamanho de agregados, evidências de compactação, sistema radicular e atividade biológica (Ralisch *et al.*, 2017):

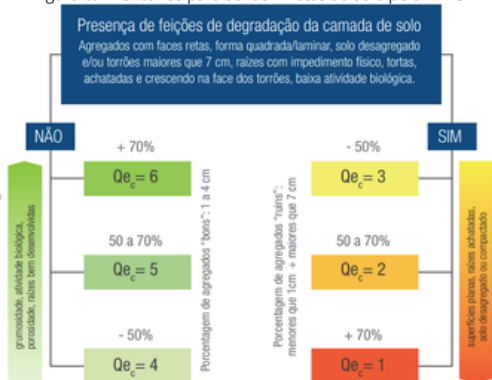
a) amostragem: devem-se considerar o histórico de manejo, cultura e declividade. O número de pontos é definido pela área (ex: 3 a 5 pontos para até 10 ha). O solo deve ser avaliado na consistência friável;

b) coleta: abre-se uma minitrincheira transversal às operações agrícolas. É extraído um bloco de solo de 10 cm (espessura) x 20 cm (largura) x 25 cm (profundidade);

c) atribuição de notas (Qec): varia de 1 (estrutura totalmente degradada) a 6 (melhor condição). A nota é baseada na observação de feições de degradação (ex: raízes tortas, agregados maiores que 7 cm e na porcentagem de agregados na fração "ruim" (menores que 1 cm ou maiores que 7 cm) ou "boa" (1 a 4 cm). Por exemplo, Qec=6 indica mais de 70% de agregados "bons" e ausência de feições de degradação (Figura 6.2).

Portanto, dado o imprescindível papel dos atributos físicos do solo para sua qualidade e saúde, é de grande importância para o produtor que visa a altas produtividades com sustentabilidade buscar conhecer esses aspectos do solo, indo além das análises químicas convencionais.

Figura 6.2 - Critérios para atribuir notas ao solo pelo DRES



Fonte: Ralisch *et al.* (2017).

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, P.H.C. **Eventos climáticos extremos**: os efeitos dos fenômenos El Niño e La Niña sobre a produtividade agrícola das regiões Nordeste e Sul do Brasil. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2012.

ÁVILA, C.J. de et al. **A cigarrinha *Dalbulus maidis* e os enfezamentos do milho no Brasil**. 2021. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1140427/1/37279.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2026.

BERTOLUCCI, R. **Métodos de controle alternativos de mosca-branca, *Bemisia tabaci* (Genn.), na cultura da couve, *Brassica oleracea* L. var. *acephala***. 2018. 41 f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) - Departamento de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2018.

BESSA, O.R. **Densidade de semeadura de *Brachiaria ruziziensis* em consórcio com sorgo granífero na safrinha na região dos cerrados**. 2020. 68 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado.) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2020.

BRADY, M.C.; WEIL, R.R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 716 p.

BREMER NETO, H. **Dinâmica populacional de plantas daninhas, desenvolvimento, estado nutricional e produção de citros em função da associação de adubos verdes, cobertura morta e herbicidas**. 2007. 88 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

CECCON, G. et al. Desempenho do Consórcio Milho-braquiária: populações de plantas e modalidades de semeadura de *Urochloa brizantha* cv. Piatã. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29., 2012, Águas de Lindóia. **Diversidade e inovações na era dos transgênicos**: resumos expandidos. Campinas: Instituto Agrônomo; Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012. p. 1944-1949.

REFERÊNCIAS

COMUNELLO, É. et al. **El Niño na agricultura: estratégias para enfrentar um velho conhecido**. Brasília: Embrapa Agropecuária Oeste, 2023.

CRUZ, I. et al. Efeito de diferentes isolados do fungo *Beauveria bassiana* sobre lagartas de *Spodoptera frugiperda*. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 23., 2000, Uberlândia. **A inovação tecnológica e a competitividade no contexto dos mercados globalizados: resumos expandidos...** Sete Lagoas: ABMS; Embrapa Milho e Sorgo; Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2000. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/483889/1/Efeitodiferentes1.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2026.

CUNHA, T.J.F. et al. Matéria orgânica do solo. In: NUNES, R.R.; REZENDE, M.O.O. (Org.). **Recurso solo: propriedades e usos**. São Carlos: Cubo, 2015. Cap. 9, p. 273-293.

FABIAN, A.J. **Plantas de cobertura: efeito nos atributos do solo e na produtividade de milho e soja em rotação**. 2009. 83 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2009.

GIACOMINI, S.J. et al. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 27, p. 325-334, 2003.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Situação do fenômeno El Niño no Oceano Pacífico equatorial em junho de 2023**. São José dos Campos: INPE, 2023.

LAS SCHAAB, L. Impacto dos efeitos El Niño e La Niña sobre o setor agrícola brasileiro: uma análise de insumo-produto. **Revista da FAE**, Curitiba, v. 21, n. 2, p. 131-146, 2018.

LAURENTINO, E.; COSTA, J.N.M. **Descrição e caracterização biológica da broca-do-café (*Hypothenemus hampei*, Ferrari 1867) no Estado de Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2004. 21 p. (Documentos, 90).

REFERÊNCIAS

LEPSCH, I.F. **19 lições de pedologia**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2021. 310 p.

NOVAIS, R.F. et al. (ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017 p.

PENNING, L.H. et al. **Avaliação visual para o monitoramento da qualidade estrutural do solo**: VESS e VSA. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2015. 39 p. (Documentos, 390).

RALISCH, R. et al. **Diagnóstico rápido da estrutura do solo – DRES**. Londrina: Embrapa Soja, 2017. 64 p. (Documentos, 390).

RAGASSI, C.F.; PEDROSA, A.W.; FAVARIN, J.L. Aspectos positivos e riscos no consórcio cafeeiro braquiária. **Visão Agrícola**. Piracicaba, n. 12, p. 29-32, jul. 2013.

ROHRIG, B. **Fungos entomopatogênicos no controle de pragas: o que são e como utilizá-los na lavoura**. Aegro, 2021.

ROSCOE, R.; MACHADO, P.L.O.A. **Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. 86 p.

ROSSI, C.Q. et al. Frações lábeis da matéria orgânica em sistema de cultivo com palha de braquiária e sorgo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 1, p. 38-46, jan./mar. 2012.

SANTINATO, R. et al. **Beauveria bassiana koopert aplicada em lavoura de café, na ausência de fungicidas, para controle da broca do café, nas condições de sul de Minas e cerrado**. 2017. Disponível em: <https://santinatocafes.com/site/wp-content/uploads/2020/01/125-1.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2026.

REFERÊNCIAS

SILVA, A.H. da et al. Controle de *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) Delong & Wolcott (1923) por *Beauveria bassiana* na cultura do milho. **Boletín de Sanidad Vegetal Plagas**, Madrid, v. 35, p. 657-664, 2009.

SPANEVELLO, J F. et al. **Coinoculação de rizobactérias com *Bradyrhizobium japonicum* na mitigação dos efeitos do La Niña na cultura da soja**. 2023. 67 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2023.

TORMENA, C.A.; GUIMARÃES, R.M.L. (Comp.). **Avaliação visual da estrutura do solo**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2020. 2 slides, color.

VALLIN, G. **Fungos entomopatogênicos: saiba mais sobre o agente biológico de combate às pragas**. Syngenta digital, 2022.

GOSTOU DO INFORMATIVO?

Compartilhe-o nas suas
redes sociais com amigos e
colegas e leve a agricultura
sustentável adiante!



INSTITUTO BRASILEIRO
**DE AGRICULTURA
SUSTENTÁVEL**



PACE S

Projetando Agricultura Compromissada em Sustentabilidade