

Capítulo • 1

Estratégias para uma agricultura de baixa emissão de carbono no cultivo de meloeiro

*Vanderlise Giongo
Rubens Sonsol Gondim
Alessandra Monteiro Salviano
Antônio Pereira Filho
Fabiane Machado Vezzani*

Introdução

O termo “agricultura”, declinação do latim *ager* (terreno cultivado), define, no seu sentido mais amplo e complexo, a arte de cultivar a terra (MAZOYER; ROUDART, 1998). Também se pode descrever agricultura como o conjunto de trabalhos que transformam o ambiente para a produção de vegetais e de animais úteis ao homem, no que se refere ao abastecimento de alimentos, fibras, madeira e matérias-primas para medicamentos (MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005). Assim, da coevolução homem-ambiente, a agricultura evoluiu e, atualmente, apresenta funções e desafios que estão em constante debate, como os relacionados às mudanças climáticas globais, destacados neste capítulo. O destaque aqui se deve à relação das práticas agrícolas com as emissões de gases de efeito estufa (GEE), como dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O), que interferem diretamente nas mudanças climáticas (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2007).

A concepção e a implementação de estratégias eficazes de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas assumem grande importância para o desenvolvimento sustentável do setor agropecuário. Nesse sentido, a comunidade científica vem gerando processos e tecnologias para que esse fim possa ser alcançado.

Esse conjunto de tecnologias tem recebido o nome de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono, a qual é definida por uma agricultura que adota ações, tecnologias e processos que promovem baixa emissão de CO₂, CH₄ e



N_2O e, adicionalmente, aumenta a fixação atmosférica de CO_2 na vegetação e no solo (NORSE, 2012). Embora o termo Agricultura de Baixa Emissão de Carbono seja relativamente recente, ele tem como base preceitos da agricultura conservacionista, que, por sua vez, se fundamenta na utilização sistêmica de tecnologias desenvolvidas com o objetivo de preservar, manter, restaurar ou, até mesmo, recuperar os recursos naturais, mediante o manejo integrado do solo, da água e da biodiversidade, incluindo o uso racional de insumos externos (DENARDIN et al., 2012).

Nesse sentido, o entendimento conceitual da Agricultura de Baixa Emissão de Carbono, traduzida em processos e tecnologias aplicadas, é importante para que os agricultores possam implantar sistemas de produção sustentáveis. Assim, o aumento dos estoques de carbono no solo, condicionado ao retorno de maiores quantidades de resíduos vegetais e ao mínimo distúrbio do mesmo, bem como a inclusão de leguminosas para reduzir a utilização de fertilizantes sintéticos, por meio da fixação biológica de nitrogênio (FBN), são estratégias de mitigação às mudanças climáticas globais, que visam também manter e/ou aumentar os níveis de produção visando contribuir para a sustentabilidade.

Este capítulo trata sobre tecnologias para uma agricultura de baixo carbono, no cultivo do melão. Serão abordadas a importância da matéria orgânica do solo e práticas agrícolas que favorecem a manutenção e/ou incremento do seu teor, o que interfere positivamente na mitigação de emissões de GEE.

A mudança do uso da terra e o cultivo do melão (*Cucumis melo* L.) no Semiárido nordestino

A agricultura e a pecuária são atividades de grande relevância na economia do Semiárido nordestino, caracterizado principalmente pelo Bioma Caatinga. Essa região possui 1,6 milhão de estabelecimentos agropecuários, 95% classificados como agricultura familiar.

No Semiárido, a mudança de uso da terra, a partir da delimitação das áreas, é responsável pela retirada de 46% da vegetação da Caatinga (BRASIL, 2010). Essa alteração interfere nos estoques de carbono da vegetação e do solo, que são naturalmente baixos. Adicionalmente, podem promover a degradação biológica, física e química do solo, reduzindo a qualidade, devido à estreita dependência das propriedades do solo com a vegetação (VEZZANI; MILENICZUK, 2011). Como



consequência, ocorre o impacto negativo no sistema de produção, evidenciando a necessidade de implantação de sistemas integrados de produção sustentáveis. Os sistemas integrados de produção caracterizam-se por produzirem mais de um componente na mesma área e, de preferência, ao mesmo tempo (VEZZANI; MIELNICZUK, 2011).

O sistema de produção do meloeiro no Nordeste brasileiro é irrigado e preconiza o preparo excessivo do solo, por meio de arações e gradagens. Essas práticas promovem a desestruturação do solo, ou seja, perda das suas propriedades físicas, que, aliadas à ausência de resíduos vegetais, reduzem também suas propriedades biológicas e químicas. Essa situação contribui para a emissão de GEE pela perda da matéria orgânica do solo (RAMOS et al., 2010) e de nutrientes, além de favorecer os processos erosivos e os de salinização e/ou sodificação, ocasionando prejuízo ao desenvolvimento da cultura e a degradação severa da área produtora.

A importância da matéria orgânica do solo no cultivo do meloeiro

A matéria orgânica do solo (MOS) é o atributo mais frequentemente relacionado como indicador de qualidade, porque é o componente determinante das propriedades biológicas, físicas e químicas, que capacitam o solo a exercer suas funções no ecossistema (AZIZ et al., 2013; BAYER et al., 2006; MELERO et al., 2009; REEVES, 1997). Além disso, a MOS representa o maior reservatório de carbono orgânico (CO) no ambiente terrestre e, no contexto das previsões sobre mudanças climáticas, a compreensão da sua dinâmica recebe ênfase cada vez maior (BILLINGS et al., 2010; CARR et al., 2013).

A dinâmica da MOS é resultado dos processos de adição e perda de CO do sistema solo-planta. A quantidade de CO adicionado ao solo depende das espécies e sistemas de cultivos utilizados, enquanto as perdas de carbono ocorrem pela liberação de CO₂, como subproduto da decomposição microbiana dos resíduos e da matéria orgânica do solo, além da saída de CO por erosão e lixiviação, as quais são potencializadas pelo revolvimento do solo. As taxas de decomposição da MOS são especialmente afetadas pelo distúrbio físico causado pelo preparo do solo, o qual rompe os macroagregados e expõe o CO contido no seu interior, facilitando o seu consumo pela comunidade microbiana. Em regiões tropicais úmidas, a decomposição da MOS pode ser intensificada, devido à temperatura



e às precipitações elevadas. A magnitude desses processos depende direta ou indiretamente do manejo do solo (MIELNICZUK, 2008).

No Semiárido, o manejo inadequado dos sistemas, junto com a baixa produção de matéria vegetal, contribui para reduzir mais ainda os estoques de carbono e nitrogênio do solo (SACRAMENTO, 2013), que são naturalmente baixos (CRISÓSTOMO et al., 2002). Nesse sentido, o sistema de cultivo do meloeiro no Semiárido brasileiro, quando utiliza o revolvimento excessivo do solo, associado à baixa adição de resíduos orgânicos, pode reduzir os teores de matéria orgânica. A prática de irrigação da cultura do melão pode se somar a essa condição, acelerando o processo de decomposição da MOS.

O estoque de carbono de agroecossistemas irrigados por pivô central e não irrigados, em clima semiárido nos Estados Unidos (Nebraska e Colorado) foi estudado por Deneff et al. (2008) em diferentes profundidades do solo. Os autores encontraram maiores estoques de carbono na camada de 0-20 cm, nos solos dos agroecossistemas irrigados, quando comparados com cultivo de sequeiro. Porém, consideraram as diferenças de carbono orgânico total (COT) pequenas, em relação ao carbono gerado pelas altas produtividades das áreas irrigadas. Nos sistemas irrigados, houve maior adição de resíduos de plantas, mas a taxa de decomposição dos resíduos também foi maior, resultando em pequeno incremento na MOS, quando comparado aos sistemas de sequeiro.

A redução do CO no solo, em áreas irrigadas, também foi constatada no Rio Grande do Sul (BONA et al., 2006). Nesse estudo, quando se realizou a incorporação, em plantio convencional, de restos culturais da sucessão aveia-preta (*Avena strigosa*) + ervilhaca (*Vicia sativa*), no inverno, e milho (*Zea mays*) no verão, não houve aumento no estoque de MOS. Por outro lado, em plantio direto, a adição de resíduos vegetais na superfície contribuiu para o acúmulo de CO nas camadas superficiais do solo. Os autores concluíram que a adição de resíduos vegetais, em áreas irrigadas, é contrabalançado pelo aumento das taxas de decomposição da MOS, havendo necessidade de maior aporte de matéria vegetal, do que em áreas não irrigadas. Os autores ainda ressaltaram que o preparo de solo convencional e a irrigação reduzem, significativamente, o estoque de carbono, em comparação com plantio direto não irrigado.

Corroborando com os resultados apresentados, Canqui et al. (2009) advertem que as condições climáticas de uma ecorregião particular afetam a taxa de decomposição dos resíduos e seu acúmulo na forma de CO no solo. Sendo assim, regiões com temperaturas elevadas, especialmente acima de 20 °C, como



é o caso do meloeiro no Semiárido brasileiro, requerem maiores quantidades de resíduos agrícolas retornados aos solos, para manutenção ou elevação dos níveis de MOS.

Lopes et al. (2012), comparando os teores de matéria orgânica de uma área sob Caatinga com áreas sob cultivo do melão, durante 3, 5 e 10 anos, em um Cambissolo Háplico Eutrófico, no Município de Quixeré, Ceará, verificaram que a matéria orgânica aumentou a partir do quinto ano de cultivo. Na área sob cultivo, foram realizadas arações, subsolagens e gradagens seguindo-se o mesmo preparo do solo, para todos os anos de cultivo. Entretanto, no período de entressafra, foram cultivados milho (*Zea mays* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* L.) e mucuna (*Mucuna pruriens* L.), em rotação de culturas e para incorporação de massa verde. Assim, os autores atribuíram o incremento do teor da matéria orgânica: "...ao uso adequado do manejo, acúmulo de resíduos vegetais durante os anos de pousio, o tempo de cultivo e rotação de culturas, como milho, sorgo e mucuna, como, também, a incorporação desta ao solo, proporcionando o que se chama de acréscimo significativo de MO em profundidade".

Em cultivo de bananeira irrigada por microaspersão, em condições tropicais, na região de Paraipaba, Ceará, com adição de diferentes níveis de matéria vegetal, proveniente dos restos da cultura, após a colheita dos cachos, Gondim et al. (2012) não detectaram efeito dos tratamentos sobre a variação no estoque de CO do solo, aos 12, 24 e 31 meses após o plantio de banana. Inclusive, na profundidade entre 0 cm e 10 cm, foram observadas perdas médias significativas no estoque de CO no solo, após 2 anos de cultivo, em relação ao estoque de carbono do estado inicial. Provavelmente, isso ocorreu devido ao fato de a quantidade de resíduo ser insuficiente para compensar as reduções nos estoques decorrentes da degradação, favorecida pelas condições de umidade no solo irrigado e altas temperaturas do ambiente do experimento.

Solos sob vegetação remanescente, o que normalmente caracteriza uma condição estável com os fatores do meio, contém teores de MOS que se mantêm, ao longo do tempo. Isso porque se pressupõe que a adição de CO, via resíduos vegetais, e a sua conversão em MOS, tem a mesma magnitude das perdas por mineralização (SANCHEZ, 1976). Porém, à medida que ocorre a mudança do uso da terra, as taxas de acúmulo ou redução de MOS modificam o equilíbrio entre adição e perda de CO (OLSON, 2013) e podem variar de acordo com as características de cada tipo de solo, dos sistemas de cultivo, das culturas utilizadas e das condições climáticas, como visto nos trabalhos descritos.



Os baixos teores de MOS, as elevadas temperaturas e a intensidade de insolação, característicos do Semiárido, associados à alta disponibilidade de água, nos sistemas de cultivo de meloeiro irrigado, podem potencializar os processos biológicos de consumo do CO e de emissão dos gases de efeito estufa (GEE), implicando na redução da MOS e nos estoques de carbono e nitrogênio no solo. Por outro lado, o aumento nos estoques de carbono e nitrogênio no solo, por meio de práticas agrícolas que aumentem a adição de resíduos vegetais (LOPES et al., 2012) e reduzam a perturbação do solo, utilizando práticas que sincronizem a disponibilidade de nutrientes dos resíduos orgânicos com a época de maior necessidade nutricional da cultura, tendem a aumentar os teores de MOS e afetar positivamente os diferentes reservatórios de carbono e nitrogênio do solo (CORBEELS et al., 2006; SAINJU et al., 2008). Resultam dessas práticas: rendimentos superiores, a redução das emissões de GEE e, conseqüentemente, o desenvolvimento sustentável da atividade agrícola.

A entrada de carbono no ambiente semiárido, via fotossíntese, depende primordialmente do tipo de cultura e de cobertura e manejo do solo, os quais influenciam diretamente na quantidade de resíduos orgânicos adicionados e na velocidade da atividade microbiana no solo. Nesse sentido, o sistema plantio direto, adubação verde e biocarvão podem ser tecnologias para aumentar os teores de matéria orgânica do solo.

Práticas agrícolas para uma agricultura de baixo carbono no cultivo do melão

Práticas agrícolas que favorecem o aumento da produção de matéria vegetal e a redução da perda de carbono orgânico do solo aumentam o sequestro de carbono no solo, diminuem o volume de CO₂ na atmosfera e reduzem as emissões de GEE. A seguir, apresentamos práticas agrícolas para o sistema de cultivo do meloeiro que atendem a esse fim.

Sistema plantio direto (SPD)

No Brasil, esse sistema de plantio surgiu em meados dos anos 1980, na busca por reduzir as atividades de preparo do solo, isto é, menor revolvimento pelo uso de máquinas. Posteriormente, identificou-se uma percepção de que a viabilidade do “plantio direto”, de modo contínuo e ininterrupto, nas regiões subtropical e tropical, requeria um conjunto de tecnologias ou de preceitos



da agricultura conservacionista, mais amplo do que simplesmente a redução ou supressão da mobilização do solo e a manutenção dos resíduos culturais na superfície. O SPD necessitava ser entendido e praticado como “sistema de manejo” e não como simples prática ou método alternativo de preparo reduzido do solo.

O número de trabalhos científicos, contemplando estudos com sistema plantio direto de meloeiro, no Semiárido brasileiro, ainda é muito pequeno. Entre eles, destaca-se o trabalho realizado por Teofilo et al. (2012), com Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico, no Município de Mossoró, RN. Nesse estudo, os autores verificaram que o sistema de plantio direto diminuiu a densidade populacional e a massa seca acumulada pelas plantas daninhas em 86,7% e 61%, respectivamente, em relação ao plantio convencional, reduzindo a produtividade comercial em 100% no plantio convencional e 36,5% no direto. Nesse contexto, o desenvolvimento de modelos de produção para o sistema produtivo do meloeiro, em áreas irrigadas do Semiárido, contemplando os preceitos do SPD, apresenta desafios peculiares à região, tanto em relação ao clima quanto ao sistema solo-planta, que precisam ser contemplados em estudos.

A produção e a manutenção de resíduos culturais sobre a superfície do solo constituem o principal gargalo para o sucesso do SPD no cultivo do meloeiro no Semiárido brasileiro, em função das altas temperaturas, aliadas à umidade proporcionada pelo grande volume de chuvas no verão e/ou água de irrigação, que aceleram a decomposição dos resíduos (ALVARENGA et al., 2001). A velocidade de decomposição dos resíduos culturais determina o tempo de permanência da cobertura morta na superfície do solo. Quanto mais rápida for sua decomposição, maior será a velocidade de liberação dos nutrientes, diminuindo, entretanto, a proteção do solo (FLOSS, 2000). Assim, a elevada taxa de decomposição dos resíduos é benéfica no sentido de disponibilização rápida de nutrientes para a próxima cultura. Por outro lado, a ausência de cultivo subsequente pode acarretar em perdas de nutrientes disponibilizados, além de eliminar a proteção física da superfície do solo pela cultura de cobertura.

Em um experimento de longa duração no clima semiárido do Brasil, Pereira Filho et al. (2014) avaliaram a taxa de decomposição (Tabela 1) e as porcentagens remanescentes de matéria seca (PRMS) (Figura 1) da parte aérea de coquetéis vegetais e da vegetação espontânea, utilizados como adubos verdes, mantida na superfície ou incorporada ao solo. Nos tratamentos sem revolvimento do solo e incorporação dos resíduos vegetais, 50% da matéria



seca inicial foi decomposta entre 173 e 231 dias, aproximadamente 6 meses, sendo ainda mais rápida nos tratamentos com revolvimento, onde 50% da matéria vegetal seca foi decomposta entre 99 a 139 dias (Tabela 1). Após essa fase inicial rápida, ocorreu uma decomposição mais lenta, cuja estimativa para que 95% da matéria seca fosse decomposta variou entre 750 a 1.000 dias, para os tratamentos não revolvidos, e de 429 a 600 dias, para os tratamentos com revolvimento. Considerando o mesmo tipo de manejo, não houve diferença entre os dois coquetéis testados (75% plantas leguminosas + 25% plantas não leguminosas e 25% plantas leguminosas + 75% plantas não leguminosas), quanto à cinética de decomposição da matéria seca.

Tabela 1. Produção e valores estimados da taxa de decomposição (k) dos coquetéis vegetais utilizados pelo modelo exponencial de primeira ordem e tempo necessário para decomposição de 50% e 95% do material depositado (dias) em clima semiárido. Petrolina, PE, 2014.

Tratamento	k (dia ⁻¹)	t_{50}	t_{95}	R^2
T1 – 75% L 25% NL – sem revolvimento	0,004	173	750	0,974
T2 – 25% L 75%NL – sem revolvimento	0,004	173	750	0,936
T3 – Vegetação espontânea – sem revolvimento	0,003	231	1.000	0,957
T4 – 75% L 25% NL – com revolvimento	0,005	139	600	0,858
T5 –25% L 75%NL – com revolvimento	0,006	116	500	0,877
T6 - Vegetação espontânea – com revolvimento	0,007	99	429	0,967

L: plantas de espécies leguminosas; NL: plantas de espécies não leguminosas.

Fonte: Pereira Filho et al. (2014).

O revolvimento do solo promoveu o aumento da taxa de decomposição dos resíduos vegetais, principalmente da vegetação espontânea (Tabela 1). Por isso, o tipo de manejo de solo determinou a taxa de decomposição tanto dos coquetéis vegetais quanto da vegetação espontânea. Com o revolvimento do solo, o tempo necessário para a decomposição de 50% da vegetação espontânea diminuiu em 57%, em relação ao sem revolvimento, enquanto, para os coquetéis vegetais, essa diminuição variou de 20% a 33%. Nesse sentido, Pereira Filho et al. (2014) demonstram que as porcentagens remanescentes de matéria seca dos coquetéis vegetais e da vegetação espontânea, após a deposição no solo, foram menores quando os resíduos vegetais foram incorporados ao solo (Figura 1).

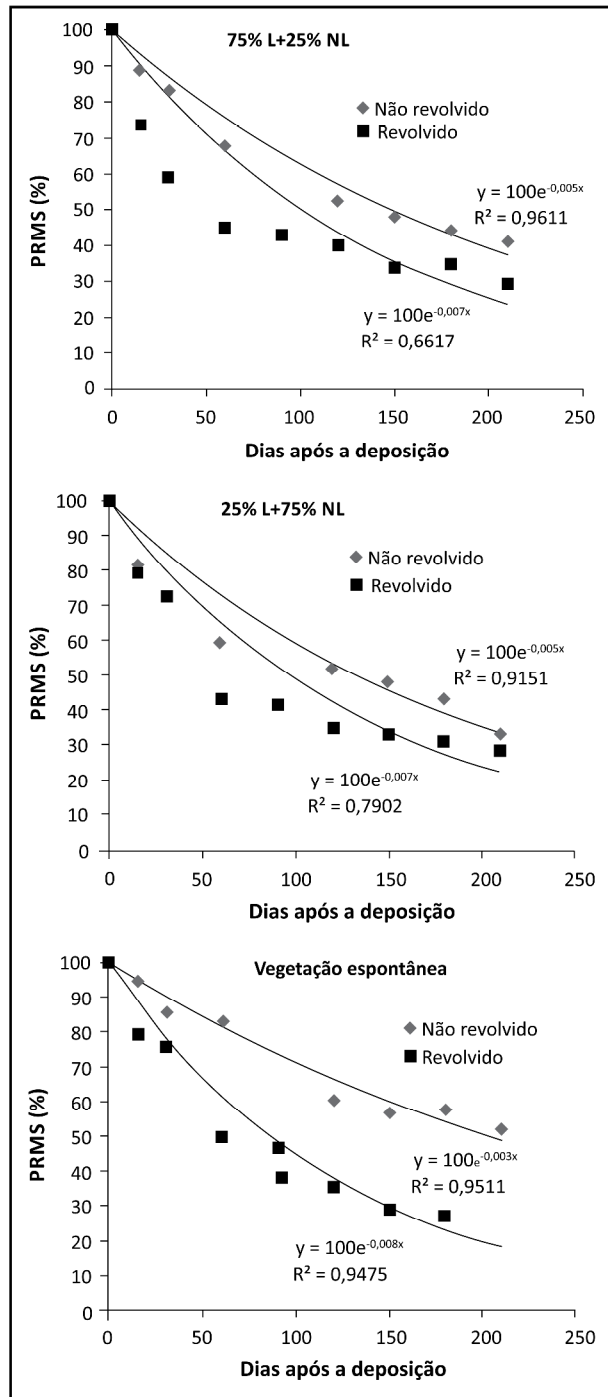


Figura 1. Percentagem remanescente de matéria seca dos coquetéis vegetais e da vegetação espontânea com ou sem revolvimento do solo em clima Semiárido. Petrolina, PE, 2014.

Fonte: Pereira Filho et al. (2014).



O sistema plantio direto pode aumentar os teores de MOS, mas, segundo Denardin et al. (2012), inicialmente deve ser considerada uma forma de gestão da terra, fundamentada na diversificação de espécies, mobilizando o solo apenas na linha ou cova de semeadura, com a manutenção permanente da cobertura do solo e na minimização do intervalo entre colheita e semeadura, objetivando estabelecer o processo contínuo de colher e semear. Nesse sentido, Conceição et al. (2013) enfatizam que o acúmulo de CO₂ em solos subtropicais e tropicais, depende do estabelecimento de sistemas de cultivo e culturas de cobertura, em vez de simples conversão de sistema convencional de plantio para o sistema plantio direto.

A adoção do SPD prevê pré-requisitos especiais, tais como a possibilidade de implementar um sistema de rotação e diversificação de cultivos que permita a cobertura permanente do solo (ZOTARELLI et al., 2012). Por isso, grande número de estudos desenvolvidos no Brasil ressalta a importância não só ao sistema de manejo de solo, mas também aos aspectos quantitativos e qualitativos de adubos verdes e plantas de cobertura (XAVIER et al., 2013).

As interações organo-minerais são mais importantes no acúmulo de MOS do que a oclusão no interior de agregados, conforme demonstraram Conceição et al. (2013). No Semiárido brasileiro, a fração areia predomina na maior parte dos solos (FRAGA; SALCEDO, 2004; MAIA et al., 2007). Assim, tanto a interação organo-mineral quanto a proteção física são limitadas, e a MOS depende de um equilíbrio frágil e contínuo entre as taxas de adição e de decomposição, que ocorrem naturalmente nesses ambientes. No caso, a adição de CO₂ ao sistema é sazonal, e a decomposição é lenta pela falta de umidade. Porém, uma vez rompido o equilíbrio natural entre a adição e decomposição, por meio dos cultivos e dos sistemas de irrigação, há necessidade de desenvolver sistemas de manejo de solo e de culturas que permitam o equilíbrio entre taxas de adição e de decomposição que, no mínimo, mantenham os teores de carbono semelhantes aos encontrados nos solos da Caatinga.

Por isso, sistemas com maior grau de complexidade, ou seja, diversidade – uso de várias espécies vegetais, tanto para sistemas de produção irrigados quanto para os dependentes de chuva, podem ser uma estratégia importante para promover uma Agricultura de Baixa Emissão de Carbono, incluindo a gestão eficiente do recurso água e mitigação do processo de salinização e das pegadas de carbono e hídrica. Nesse sentido, a seguir, apresentamos a prática de adubação verde, que complementa a prática de não revolvimento do solo, no SPD.



Adubação verde

A adubação verde é o cultivo de espécies vegetais com a finalidade de proteger a camada superficial do solo, bem como manter e melhorar as propriedades biológicas, físicas e químicas, ao longo do seu perfil. Os adubos verdes podem ser cultivados em sucessão, rotação ou em consórcio, com culturas de interesse econômico (CALEGARI et al., 1993; ROSSI; CARLOS, 2014) e complementam a prática de plantio direto, que, juntos – não revolvimento e adição de matéria vegetal diversificada – caracterizam o sistema plantio direto.

O cultivo de adubos verdes na forma de coquetéis vegetais, composto por 11 tipos de espécies (leguminosas e não leguminosas), em plantio de tomate cereja, proporcionou a produção de 45 t ha⁻¹ de matéria vegetal fresca, em Montes Claros, MG (GUILHERME et al., 2007). Essa produção elevada de resíduos incrementou o teor de MOS, em curto prazo.

Ao estudar cultivos solteiros e consorciados, Almeida e Camara (2011) observaram maior produtividade de matéria fresca no consórcio entre mucuna-preta e milho, com acréscimos de 29% e 18%, quando comparado ao cultivo solteiro dessas mesmas espécies, sendo que os cultivos consorciados com leguminosas acumularam quantidades superiores a 110 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Os mesmos autores destacaram que os cultivos solteiros acumularam as menores quantidades de nitrogênio.

A semeadura de adubos verdes na forma de coquetéis vegetais, ou seja, simultaneamente na mesma área, associada a diferentes tipos de preparo de solo, são alternativas que vêm sendo estudadas como componentes da sustentabilidade para o cultivo de meloeiro no Semiárido brasileiro. A finalidade dessa prática é aumentar a eficiência do uso da água, diminuir a erosão e a salinização, ciclar nutrientes, aumentar os estoques de carbono e nitrogênio no solo e, conseqüentemente, aumentar a sua qualidade em termos dos atributos biológicos, físicos e químicos.

O coquetel vegetal consiste na semeadura de uma mistura de sementes de várias espécies e famílias, incluindo leguminosas, gramíneas, oleaginosas, entre outras, com o objetivo de adicionar carbono e nitrogênio no sistema solo. As seguintes espécies, em diferentes proporções, apresentaram um bom desenvolvimento no Semiárido brasileiro. Leguminosas: calopogônio (*Calopogonium mucunoide*), crotalárias (*Crotalaria juncea*, *Crotalaria spectabilis*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes*), guandu (*Cajanus cajan* L.), lab-lab (*Dolichos lablab* L.), mucuna-preta (*Mucuna aterrina*), mucuna-cinza



(*Mucuna conchinchinensis*); não leguminosas: gergelim (*Sesamum indicum* L.), girassol (*Chrysanthemum peruvianum*), mamona (*Ricinus communis* L.), milheto (*Penisetum americanum* L.) e sorgo (*Sorghum vulgare* Pers.). Quando cultivadas simultaneamente, segundo Giongo et al. (2014), adicionaram maiores quantidades de carbono e nitrogênio ao solo, quando comparadas à vegetação espontânea (Tabela 2).

O capítulo “Sistemas conservacionistas de produção de melão em campo aberto utilizando coquetéis vegetais” detalha esse e outros estudos conduzidos com sistema de cultivo de melão, em rotação com adubos verdes, no Submédio São Francisco.

Tabela 2. Produção de matéria vegetal seca, teores de carbono e de nutrientes da parte aérea de coquetéis vegetais e da vegetação espontânea em Vertissolo, após 70 dias de cultivo em clima semiárido. Petrolina, Embrapa Semiárido, 2013.

Adubação verde	Fitomassa seca (Mg ha ⁻¹)	C		N	
		----- (kg ha ⁻¹) -----			
75% L + 25% NL	8,84b	3.398a		121b	
25% L + 75% NL	11,59a	4.357a		203a	
Vegetação espontânea	3,04c	1.176c		49c	
DMS	0,96	410		50	
CV (%)	7,72	8,7		25,51	

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. L: plantas de espécies leguminosas; NL: plantas de espécies não leguminosas.

Fonte: Giongo et al. (2014).

É importante ressaltar que sistemas de manejo que aumentam a adição de resíduos vegetais, aliados ao não revolvimento do solo (ex.: adubos verdes em plantio direto), atuam na retenção de carbono no solo e constituem alternativas importantes para aumentar a capacidade de dreno de C-CO₂ atmosférico, mitigando o aquecimento global (BAYER et al., 2006).

Biocarvão

O biocarvão, também conhecido como carbono pirogênico, biochar, carvão pirogênico ou terra preta de índio, é produzido quando lenha vegetal ou outros materiais orgânicos são aquecidos, sob suprimento limitado de oxigênio, ocasionando uma combustão incompleta do material orgânico. Sua



constituição química gera propriedades reativas com alta capacidade para reter carbono orgânico e nutrientes no sistema, além de atuar na retenção de água no solo (CARMO et al., 2010). Assim, o uso de biocarvão no cultivo de melão, no Semiárido brasileiro, apresenta-se como um caminho promissor para a fixação de carbono no solo e todos os benefícios que decorrem desse aumento na MOS.

Pesquisas vêm demonstrando que o biocarvão é o responsável pela manutenção de elevados níveis de matéria orgânica em solos antropogênicos da Bacia Amazônica, chamados de Terra Preta do Índio, que caracteriza os assentamentos indígenas pré-colombianos (GLASSER et al., 2002). Os autores demonstraram melhorias na capacidade de retenção de água e agregação das partículas do solo. Esses efeitos podem fortalecer a disponibilidade hídrica para a cultura do melão e reduzir riscos de erosão. Houve, também, a redução da densidade global refletida pelo aumento da porosidade total e da taxa de infiltração de água, assim como redução de perdas de nutrientes por lixiviação, o que previne contaminação de lençóis freáticos. Esses autores relataram ainda que o biocarvão sofre mineralização muito lenta no solo, permitindo a formação de sumidouros de carbono e reduzindo a liberação de GEE na atmosfera, podendo colaborar para o aumento de sequestro de carbono no solo. Esses dados mostram ser relevante investigar o uso de biocarvão na produção de melão no Semiárido, que possui temperatura média semelhante à relatada pelos referidos autores.

Kellig et al. (2010), analisando o balanço de CO₂ envolvido desde o processo de fabricação de biocarvão até sua utilização, empregando a metodologia de avaliação de ciclo de vida, concluiu que o biocarvão reduz mais que emite GEE. Esses autores mostraram que o potencial de sequestro de carbono está entre 793 kg e 885 kg CO₂ equivalente por tonelada, enquanto ocorrem emissões de aproximadamente 36 kg CO₂ equivalente por tonelada.

Dessa forma, o biocarvão é recomendado para incrementar a fertilidade do solo, mitigar os efeitos das mudanças climáticas, por meio do aumento de sequestro de carbono no solo e redução das emissões de GEE (KARHU et al., 2011) e aumentar a capacidade de retenção e eficiência do uso de água (KAMMANN et al., 2011), elevando, assim, a tolerância de culturas à seca. Portanto, o uso do biocarvão pode também beneficiar o cultivo do meloeiro no Semiárido brasileiro, sendo importante investigar sua aplicação na produção de melão nessa região.



Considerações finais

Tecnologias adaptadas às condições edafoclimáticas para as condições do Semiárido, em ambiente irrigado, são fundamentais para implantar sistemas de cultivo de melão com baixa emissão de carbono. Nesse sentido, ressalta-se a importância de estabelecer sistemas de manejo que permitam que o solo cumpra as suas funções, tenha qualidade e contribua para a sustentabilidade dos sistemas produtivos irrigados de meloeiro.

A utilização de adubos verdes, na forma de coquetéis vegetais, onde espécies de plantas leguminosas, gramíneas e oleaginosas são semeadas simultaneamente, constitui prática importante para incluir ao sistema plantio direto do meloeiro, ainda podendo associar ao uso de biocarvão. Essas práticas agrícolas são estratégias tecnológicas potenciais para promover o uso eficiente da água, o aumento dos estoques de carbono orgânico total e nitrogênio total em áreas cultivadas com meloeiro irrigado, no Semiárido brasileiro, mitigando as emissões de GEE, as quais merecem ser avaliadas experimentalmente.

Referências

- ALMEIDA, K.; CAMARA, F. L. A. Produtividade de biomassa e acúmulo de nutrientes em adubos verdes de verão, em cultivos solteiros e consorciados. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 2, p. 55-62, 2011.
- ALVARENGA, R. C.; CABEZAS, W. A. L.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001.
- AZIZ, I.; MAHMOOD, T.; ISLAM, K. R. Effect of long term no-till and conventional tillage practices on soil quality. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 131, p. 28-35, 2013.
- BAYER, C.; LOVATO, T.; DIEKOW, J.; ZANATTA, J. A.; MIELNICZUK, J. A method for estimating coefficients of soil organic matter dynamics based on long-term experiments. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 91, p. 217-236, 2006.
- BILLINGS, S. A.; LICHTER, J.; ZIEGLER, S. E.; HUNGATE, B. A.; RICHTER, D. B. A call to investigate drivers of soil organic matter retention vs. mineralization in a high CO₂ world. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 42, p. 665-668, 2010.
- BONA, F. D. de; BAYER, C.; BERGAMASCHI, H.; DIECKOW, J. Carbono orgânico no solo em sistemas irrigados por aspersão sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 5, p. 911-920, 2006.



BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite**. Brasília, DF: Centro de Sensoriamento Remoto: IBAMA, 2010.

CALEGARI, A.; ALCÂNTARA, P. B.; MUYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. Caracterização das principais espécies de adubos verdes. In: COSTA, M. B. B. da. (Coord.). **Adubação verde no Sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. p. 206-319.

CANQUI, H. B.; LAL, R. Crop residue management and soil carbon dynamics. In: LAL, R.; FOLLET, R. F. (Ed.). **Soil carbon sequestration and the greenhouse effect**. 2. ed. Madison: Soil Science Society of America, 2009. p. 291-309.

CARMO, H. F. do; SILVA, M. A. S. da; MADARI, B. E. Biochar: efeitos nas propriedades químicas do solo sob feijoeiro no cerrado. In: SEMINÁRIO JOVENS TALENTOS, 4., 2010, Santo Antônio de Goiás. **Resumos apresentados...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2010. p. 20. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 257).

CARR, A. S.; BOOM, A.; CHASE, B. M.; MEADOWS, M. E.; ROBERTS, Z. E.; BRITTON, M. N.; CUMMING, A. M. J. Biome-scale characterization and differentiation of semi-arid and arid zone soil organic matter composition using pyrolysis-GC/MS analysis. **Geoderma**, v. 200-201, p. 189-201, 2013.

CONCEIÇÃO, P. C.; DIECKOW, J.; BAYER, C. Combined role of no-tillage and cropping systems in soil carbon stocks and stabilization. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 129, n. 1, p. 40-47, 2013.

CORBEELS, M.; SCOPEL, E.; CARDOSO, A.; BERNOUX, M.; DOUZET, J. M.; SIQUEIRA NETO, M. Soil carbon storage potential of direct seeding mulch-based cropping systems in the Cerrados of Brazil. **Global Change Biology**, Oxford, v. 12, n. 9, p. 1773-1787, 2006.

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; FAGANELLO, A.; SANTI, A.; DENARDIN, N. D.; WIETHÖLTER, S. **Diretrizes do sistema plantio direto no contexto da agricultura conservacionista**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012. 15 p.

DENEF, K.; STEWART, C. E.; BRENNER, J.; PAUSTIAN, K. Does long-term center pivot irrigation increase soil carbon stocks in semi-arid agro-ecosystems. **Geoderma**, Amsterdam, v. 145, n. 1, p. 121-129, 2008.

FLOSS, E. L. Benefícios da biomassa de aveia ao sistema de semeadura direta. **Revista Plantio Direto**, v. 57, p. 25-29, 2000.

FRAGA, V. S.; SALCEDO, I. H. Declines of organic nutrient pools in tropical semi-arid soils under subsistence farming. **Soil Science Society America Journal**, v. 68, p. 215-224, 2004.

GIONGO, V.; BRANDÃO, S. S.; SANTANA, M. S.; COSTA, N. D.; MENDES, A. M. S.; YURI, J. E.; PETRERE, C. **Sistema plantio direto de meloeiro com coquetéis vegetais em Vertissolo no Semiárido**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2014. 26 p. (Embrapa Semiárido. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 117).



GLASER, B.; LEHMANN, J.; ZECH, W. A meliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal – a review. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 35, p. 219-230, 2002.

GONDIM, R. S.; CRISÓSTOMO, L. A.; MAIA, A. de H. N.; FIGUEIREDO, M. C. B. de; TANIGUCHI, C. A. K.; DUARTE, M. S.; GONDIM, T. de A. **Monitoramento do estoque de carbono no solo com aplicação de resíduos da bananeira**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2012. 15 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 70).

GUILHERME, D. O.; COSTA, C. A.; MARTINS, E. R.; SAMPAIO, R. A.; TELESFILHO, S. C.; CAVALCANTI, T. F. M.; MENEZES, J. B. C.; COELHO, D. A. P.; FERNANDES, S. G. M. Utilização de coquetel de plantas usadas na adubação verde na melhoria das condições físicas e químicas do solo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 2, n. 2. p. 1445-1448, out. 2007.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change (2007): synthesis report: contributions of working group I, II and III to the fourth Assessment Report**. Geneva, 2007. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf> Acesso em: 10 jun. 2013.

KAMMANN, C. I.; LINSE L. S.; GÖBLING, J. W.; KOYRO, H. W. Influence of biochar on drought tolerance of *Chenopodium quinoa* Willd and on soil plant relations. **Plant and Soil**, Hague, v. 345, n. 1/2, p. 195-210, 2011.

KARHU, K.; MATTILA, T.; BERGSTRÖM, I.; REGINA, K. Biochar addition to agricultural soil increased CH₄ uptake and water holding capacity – results from a short-term pilot field study. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v. 140, p. 309-313, 2011.

KELLING, R.; BRENTA, G.; STEPHEN, J.; NORMAN, R.; SCOTT, J.; LEHMAN, J. Life cycle assessment of biochar systems: estimating the energetic, economic, and climate change potential. **Environmental Science & Technology**, Easton, v. 44, p. 827-833, 2010.

LOPES, H. S. S.; MEDEIROS, M. G.; SILVA, J. R.; MEDEIROS, J. F. A.; SANTOS, M. N.; BATISTA, R. O. Biomassa microbiana e matéria orgânica em solo de Caatinga, cultivado com melão na Chapada do Apodi. **Revista Ceres**, v. 59, n. 4, p. 565-570, 2012.

MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. S.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S.; ARAÚJO FILHO, J. A. Organic carbon pools in a Luvisol under agroforestry and conventional farming systems in the semiarid region of Ceará, Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 71, p. 127-138, 2007.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas do mundo: do neolítico à crise contemporânea**. Lisboa: Instituto Piaget, 1998.

MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being: synthesis**. Washington: Island Press, 2005. 137 p.

MELERO, S.; LÓPEZ-GARRIDO, R.; MURILLO, J. M.; MORENO, F. Conservation tillage: short- and long-term effects on soil carbon fractions and enzymatic activities under Mediterranean conditions. **Soil Tillage and Research**, Amsterdam, v. 104, p. 292-298, 2009.



MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 1-8.

NORSE, D. Low carbon agriculture: objectives and policy pathways. **Environment Development**, Chicago, v. 1, p. 25-29, 2012.

OLSON, K. R. Soil organic carbon storage, retention and loss in U.S. croplands: Issues paper for protocol development: review article. **Geoderma**, v. 195/196, p. 201 -206, 2013.

PEREIRA FILHO, A.; GRANJA, G. P.; TEIXEIRA FILHO, J.; GIONGO, V. Decomposição de adubos verdes no semiárido brasileiro. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 20.; CONGRESO PERUANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 16., 2014, Cusco. **Educar para preservar el suelo y conservar la vida en la Tierra**: [anais]. Cusco: SLCs: SPCS, 2014. Disponível em: <http://www.lamolina.edu.pe/Eventos/agronomia/2015/Latinoamericano_suelos/C4/C4-DECOMPOSI%C3%87%C3%83O%20DE%20%20ADUBOS%20VERDES%20-Pereira.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2014.

RAMOS, M. E.; BENÍTEZ, E.; GARCÍA, P. A.; ROBLES, A. B. Cover crops under different managements vs. frequent tillage in almond orchards in semiarid conditions: effects on soil quality. **Applied Soil Ecology**, v. 44, n. 1, p. 6-14, 2010.

REEVES, D. W. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 43, p. 131-167, 1997.

ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. Histórico da adubação verde no Brasil. In: LIMA FILHO, O. F.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil**: fundamentos e prática. Brasília, DF: Embrapa, 2014. v. 1, p. 39-58.

SACRAMENTO, J. A. A. S.; ARAÚJO, A. C. M.; ESCOBAR, M. E. O.; XAVIER, F. A. S.; CAVALCANTE, A. C. R.; OLIVEIRA, T. S. Soil carbono and nitrogen stocks in traditional agricultural and agroforestry systems in the Semiarid region of Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 37, p. 784-795, 2013.

SAINJU, U. M.; JABRO, J. D., STEVENS, W. B. Soil carbon dioxide emission and carbon content as affected by irrigation, tillage, cropping system, and nitrogen fertilization. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 37, p. 98-106, 2008.

SANCHES, P. A. Soil organic matter. In: SANCHES, P. A. (Ed.). **Properties and management of soils in the tropics**. New York: John Wiley, 1976. Cap. 5, p. 162-183.

TEÓFILO, T. M. S.; FREITAS, F. C. L.; MEDEIROS, J. F.; SILVA, D. F.; GRANGEIRO, L. C.; TOMAZ, H. V. Q. Eficiência no uso da água e interferência de plantas daninhas no meloeiro cultivado nos sistemas de plantio direto e convencional. **Planta Daninha**, v. 30, p. 547-556, 2012.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. **O solo como sistema**. Curitiba: Edição dos autores, 2011. 104 p.



XAVIER, F. A. S.; MAIA, S. M. F.; RIBEIRO, K. A.; MENDONÇA, E. S.; OLIVEIRA, T. S. Effect of cover plants on soil C and N dynamics in different soil management systems in dwarf cashew culture. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 165, p. 173-183, 2013.

ZOTARELLI, L.; ZATORRE, N. P.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S.; JANTALIA, C. P.; FRANCHINI, J. C.; ALVES, B. J. R. Influence of no-tillage and frequency of a Green manure legume in crop rotations for balancing N outputs and preserving soil organic C stocks. **Field Crops Research**, v. 132, p. 185-195, 2012.