

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
Organizadores

Pesquisas agrárias e ambientais

Volume XIII



2022

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
Organizadores

Pesquisas agrárias e ambientais
Volume XIII



Pantanal Editora

2022

Copyright© Pantanal Editora

Editor Chefe: Prof. Dr. Alan Mario Zuffo

Editores Executivos: Prof. Dr. Jorge González Aguilera e Prof. Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diagramação: A editora. **Diagramação e Arte:** A editora. **Imagens de capa e contracapa:** Canva.com. **Revisão:** O(s) autor(es), organizador(es) e a editora.

Conselho Editorial

Grau acadêmico e Nome

Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos
Prof. MSc. Adriana Flávia Neu
Prof. Dra. Allys Ferrer Dubois
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior
Prof. MSc. Aris Verdecia Peña
Prof. Arisleidis Chapman Verdecia
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva
Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo
Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu
Prof. Dr. Carlos Nick
Prof. Dr. Claudio Silveira Maia
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos
Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva
Prof. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos
Prof. MSc. David Chacon Alvarez
Prof. Dr. Denis Silva Nogueira
Prof. Dra. Denise Silva Nogueira
Prof. Dra. Dennyura Oliveira Galvão
Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves
Prof. Me. Ernane Rosa Martins
Prof. Dr. Fábio Steiner
Prof. Dr. Fabiano dos Santos Souza
Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez
Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira
Prof. MSc. Javier Revilla Armesto
Prof. MSc. João Camilo Sevilla
Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales
Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski
Prof. MSc. Lucas R. Oliveira
Prof. Dra. Keyla Christina Almeida Portela
Prof. Dr. Leandro Argente-Martínez
Prof. MSc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann
Prof. MSc. Marcos Pisarski Júnior
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos
Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla
Prof. MSc. Mary Jose Almeida Pereira
Prof. MSc. Núbia Flávia Oliveira Mendes
Prof. MSc. Nila Luciana Vilhena Madureira
Prof. Dra. Patrícia Maurer
Prof. Dra. Queila Pahim da Silva
Prof. Dr. Rafael Chapman Auty
Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke
Prof. Dr. Raphael Reis da Silva
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes
Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo (*In Memoriam*)
Prof. Dra. Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos
MSc. Tayronne de Almeida Rodrigues
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca
Prof. MSc. Wesclen Vilar Nogueira
Prof. Dra. Yilan Fung Boix
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

Instituição

OAB/PB
Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã
UO (Cuba)
IF SUDESTE MG
Facultad de Medicina (Cuba)
ISCM (Cuba)
UFESSPA
UEA
UNEMAT
UFV
AJES
UFGD
UEMS
IFPA
UNICENTRO
IFMT
UFMG
URCA
ISEPAM-FAETEC
IFG
UEMS
UFF
(Colômbia)
UNAM (Peru)
IFRR
UCG (México)
Mun. Rio de Janeiro
UNMSM (Peru)
UFMT
Mun. de Chap. do Sul
IFPR
Tec-NM (México)
Consultório em Santa Maria
UFJF
UEG
FAQ
UNAM (Peru)
SEDUC/PA
IFB
IFPA
UNIPAMPA
IFB
UO (Cuba)
UFMS
UFPI
UFG
UEMA
IFB
UFPI
FURG
UO (Cuba)
UFT

Conselho Técnico Científico

- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior
- Esp. Maurício Amormino Júnior
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Ficha Catalográfica

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
P472	Pesquisas agrárias e ambientais [livro eletrônico] : volume XIII / Organizadores Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera. – Nova Xavantina, MT: Pantanal Editora, 2022. 93p. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web ISBN 978-65-81460-61-7 DOI https://doi.org/10.46420/9786581460617 1. Ciências agrárias – Pesquisa – Brasil. 2. Meio ambiente. 3. Sustentabilidade. I. Zuffo, Alan Mario. II. Aguilera, Jorge González. CDD 630
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	



Nossos e-books são de acesso público e gratuito e seu download e compartilhamento são permitidos, mas solicitamos que sejam dados os devidos créditos à Pantanal Editora e também aos organizadores e autores. Entretanto, não é permitida a utilização dos e-books para fins comerciais, exceto com autorização expressa dos autores com a concordância da Pantanal Editora.

Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br

Apresentação

As áreas de Ciências Agrárias e Ciências Ambientais são importantes para a humanidade. De um lado, a produção de alimentos e do outro a conservação do meio ambiente. Ambas, devem ser aliadas e são imprescindíveis para a sustentabilidade do planeta. A obra, vem a materializar o anseio da Editora Pantanal na divulgação de resultados, que contribuem de modo direto no desenvolvimento humano.

O e-book “Pesquisas Agrárias e Ambientais Volume XIII” é a continuação de uma série de volumes de e-books com trabalhos que visam otimizar a produção de alimentos, o meio ambiente e promoção de maior sustentabilidade nas técnicas aplicadas nos sistemas de produção das plantas e animais. Ao longo dos capítulos são abordados os seguintes temas: cinética de dessorção de P com uso de fitas-Fe em Neossolo; matéria orgânica como condicionante do solo; contribuições e desafios do agronegócio cooperativo; clonagem de espécies arbóreas; aplicação de nitrogênio nos componentes de produtividade do milho; produção de biocarvão e sua influência na fertilidade do solo, crescimento e produção de pimentão verde; e, agroecologia aplicada no barlavento do tabuleiro. Portanto, esses conhecimentos irão agregar muito aos seus leitores que procuram promover melhorias quantitativas e qualitativas na produção de alimentos e do ambiente, ou melhorar a qualidade de vida da sociedade. Sempre em busca da sustentabilidade do planeta.

Aos autores dos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos na área de Ciência Agrárias e Ciências Ambientais Volume XIII, os agradecimentos dos Organizadores e da Pantanal Editora. Por fim, esperamos que este ebook possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias e avanços para as áreas de Ciências Agrárias e Ciências Ambientais. Assim, garantir uma difusão de conhecimento fácil, rápido para a sociedade.

Os organizadores

Sumário

Apresentação	4
Capítulo 1	6
Cinética de dessorção de P com uso de fitas-Fe em Neossolo Regolítico do Agreste paraibano	6
Capítulo 2	16
Contribuições e Desafios do Agronegócio Cooperativo	16
Capítulo 3	27
Clonagem de espécies arbóreas como estratégia para implantação de povoamentos de alta produtividade	27
Capítulo 4	36
Aplicação de nitrogênio nos componentes de produtividade do milho no Bioma Amazônia	36
Capítulo 5	47
Produção de biocarvão e sua influência na fertilidade do solo, crescimento e produção de pimentão verde	47
Capítulo 6	62
Agroecologia aplicada no barlavento do tabuleiro de Tucano Norte – Bahia	62
Capítulo 7	80
Matéria orgânica como condicionante do solo	80
Índice Remissivo	92
Sobre os organizadores	93

Cinética de dessorção de P com uso de fitas-Fe em Neossolo Regolítico do Agreste paraibano

Recebido em: 06/09/2022

Aceito em: 12/09/2022

 10.46420/9786581460617cap1

Kalline de Almeida Alves Carneiro^{1*} 

Vânia da Silva Fraga² 

Marcus Metri Corrêa³ 

Rodrigo Santana Macedo¹ 

Letícia Moro¹ 

Alexandre Pereira de Bakker¹ 

Jhony Vendruscolo⁴ 

INTRODUÇÃO

As aplicações de altas doses de esterco bovino em solos de áreas de agricultura familiar são contínuas, principalmente em solos arenosos como os Neossolos Regolíticos da região Nordeste. As pesquisas realizadas demonstram que a acumulação dos teores de fósforo (P) nas camadas superficiais em virtude dessas adubações é significativa, ocasionando suas perdas por lixiviação (Galvão et al., 2008) para camadas mais profundas do solo (Galvão; Salcedo, 2009), mas também é passível de perdas por escoamento superficial que acarreta em sua acumulação em corpos hídricos causando eutrofização (Bergstrom et al., 2015).

A dinâmica do P no solo está associada à sua forte interação com a fase sólida (adsorção), notadamente em óxidos de Fe e ou Al e devido à sua precipitação com Ca na forma de fosfatos de Ca, que ocasiona a redução da concentração de P na solução do solo (Abdala et al., 2015) e consequente baixa disponibilidade desse nutriente às plantas.

Essa dinâmica é complexa e é influenciada por diversos fatores do solo, tais como a textura, mineralogia (Novais; Smyth, 1999), sistemas de manejo, adubações minerais e orgânicas (Guardini et al., 2012), fatores ambientais bióticos e abióticos (Resende et al., 2011) e sorção (Hadgu et al., 2014).

A sorção (absorção e adsorção ocorrendo simultaneamente) de P no solo é regulada por processos físicos e químicos, além dos processos de mineralização e de imobilização. Dentre os processos físicos destacam-se forças de atração de Van der Waals e forças eletrostáticas de complexos de esfera externa (troca de ânions, referindo-se à adsorção não específica) (Tokura et al., 2014).

¹ Instituto Nacional do Semiárido

² Universidade Federal da Paraíba

³ Universidade Federal Rural de Pernambuco

⁴ Universidade Federal do Amazonas

* Autora correspondente: kallinequimica2014@gmail.com

A adsorção do íon fosfato ocorre quando o mesmo é fixado pelo componente do solo (adsorvente). Essa ligação pode ocorrer com a presença de molécula de água interpondo o íon fosfato com o componente do solo, tornando-a pouco estável. Mas, com a desidratação desta ligação em função de sua maior força de atração, o íon fosfato liga-se diretamente ao componente do solo/adsorvente (hidroxilas) tornando-a covalente com uma ou mais ligações (Meurer, 2010).

Já a dessorção (P torna-se disponível para as plantas) e o aumento da saturação de P no solo, pode ocorrer através da aplicação contínua de adubações orgânicos e inorgânicos nos solos agrícolas, os quais, não são imediatamente absorvidos ou retidos pelas plantas, mas, que podem se acumular nos solos ocasionando o transporte vertical (lixiviação) de P e suas perdas para as águas subterrâneas (Boitt et al., 2018), contribuindo assim para o processo de eutrofização causada pelo aporte excessivo de nutrientes, predominantemente nitrogênio e fósforo, provenientes de regiões agrícolas (Pantano et al., 2016).

A capacidade máxima de adsorção de P é avaliada através do estudo das isotermas (Tamungang et al., 2016). A isoterma de Langmuir se baseia na adsorção em sítios uniformes com recobrimento em monocamada e afinidade iônica independentemente da quantidade de material adsorvido. Já a dessorção de P pode ser avaliada realizando extrações sucessivas com fitas de papel impregnadas com oxihidróxidos de ferro (Fitas-Fe) (Van der Zee et al., 1987).

Diante do exposto, objetivou-se com esta pesquisa avaliar a cinética de dessorção de P em áreas adubadas e não adubadas de agricultura familiar do Agreste paraibano, por meio de extrações sucessivas do P adsorvido com o uso de fitas-Fe.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no município de Remígio, mesorregião do Agreste da Paraíba, Brasil, em duas áreas com solos adubados anualmente (1RA e 2RA - 6°59'0,4" W e 6°59'0,8" S, 495 m) e duas em solos não adubados há cinco anos (3RN e 4RN - 35°47'50" W e 35°52'14" S, 631 m). As áreas são utilizadas por pequenos produtores para o cultivo de milho (*Zea mays* L.), feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) (Figura 1).

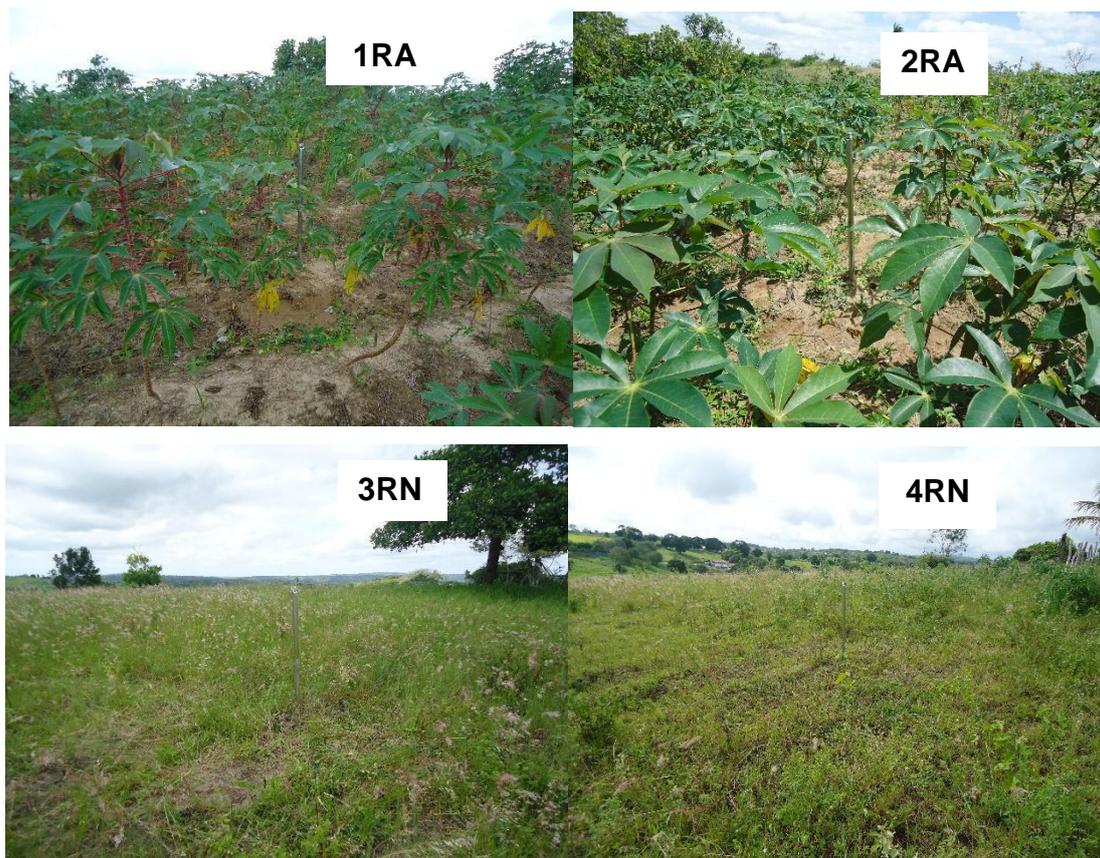


Figura 1. 1RA e 2RA - áreas adubadas nos últimos cinco anos; e 3RN e 4RN – áreas não adubadas, localizadas em Remígio, Agreste paraibano, Brasil.

As áreas de estudo pertencem ao tipo climático “As”, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger (Alvares et al., 2013), definida como clima úmido e seco tropical com estação seca, precipitação média anual de 662 mm e temperatura média de 25° C.

O solo das áreas é classificado como Neossolo Regolítico eutrófico segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al., 2018). O terreno em todas as áreas é suave ondulado. As análises foram realizadas de acordo com o Manual de Métodos de Análise de Solo da EMBRAPA (Teixeira et al., 2017), os atributos químicos foram avaliados conforme critérios definidos por Cavalcanti (2008).

Foi realizada uma amostragem aleatória sistemática simples (setembro de 2016) com a fixação de dez pontos amostrais para cada área, retirando-se em cada ponto, amostras de solo deformadas na camada de 0-10 cm. As dez amostras simples de cada área foram homogeneizadas constituindo uma única amostra composta para cada área avaliada. Após a coleta, as amostras compostas de solo foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de malha de 2,0 mm TFSA (terra fina seca ao ar) e divididas em triplicatas de laboratório, nas quais foram realizadas a caracterização físico-química (Tabelas 1 e 2). Estas mesmas amostras de solo foram também utilizadas para instalação do experimento de deslocamento miscível de P em colunas (Figura 2), após esse experimento o solo foi usado para avaliar a cinética de dessorção de P com extrações sucessivas com fitas-Fe.

Tabela 1. Caracterização química e interpretação dos teores médios de Neossolos Regolíticos eutróficos na camada de 0 - 10 cm em áreas adubadas anualmente (RA) e não adubadas há 5 anos (RN) com esterco bovino, localizadas em Remígio, Agreste paraibano.

Atributos ⁽¹⁾	Unidades	RA	RN
pH	1:2,5 (H ₂ O)	6,7 – AF	6,6 – AF ⁽²⁾
	1:2,5 (KCl)	5,6	5,6
COT	mg g ⁻¹	0,9 - MB	0,7 - MB
Ca ²⁺ _{ex}	cmol _c kg ⁻¹	0,7- B	0,6 – B
Mg ²⁺ _{ex}	cmol _c kg ⁻¹	0,8 - M	0,8 – M
H+Al ³⁺	cmol _c kg ⁻¹	5,6- A	5,6 – A
Al ³⁺	cmol _c kg ⁻¹	0,1 - MB	0,1 - MB
K ⁺	mg kg ⁻¹	51,7 - A	66,3 – A
Na ⁺	mg kg ⁻¹	0,0 - MB	0,0- MB
P _{Mehlich-1}	mg kg ⁻¹	5,9 - MB	8,3 – MB
P _{H₂O}	mg kg ⁻¹	0,7 - MB	12,4 - MB
P _{tot}	mg kg ⁻¹	135,0	105,0

¹⁾ Análises químicas realizadas de acordo com métodos propostos pela EMBRAPA (Teixeira et al., 2017), COT- carbono orgânico total; P_{Mehlich-1}- fósforo extraível por Mehlich-1; P_{H₂O} -fósforo extraível em água; P_{tot} – fósforo total; ⁽²⁾AF (Alcalinidade fraca); MB (teores muito baixos); B (teores baixos); M (teores médios) e A (teores altos).

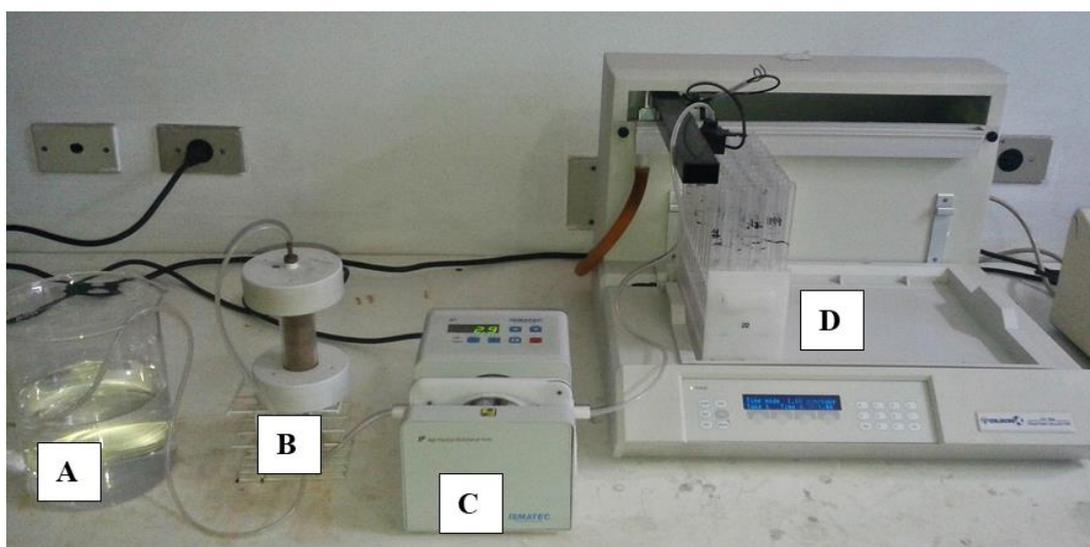


Figura 2. Avaliação da cinética de dessorção de P após o experimento de deslocamento miscível de P em coluna de lixiviação. A - Solução salina de CaCl₂ e KCl 0,001M; B - coluna acrílica preenchida com solo; C - bomba peristáltica IPC Ismatec; e D - coletor de fração.

Tabela 2. Caracterização física de Neossolos Regolíticos eutróficos na camada de 0 - 10 cm, de áreas adubadas anualmente (RA) e não adubadas há 5 anos (RNA) com esterco bovino, localizadas em Remígio, Agreste paraibano.

Atributos	Unidades	RA	RN
Areia muito grossa	g kg ⁻¹	113	106
Areia grossa	g kg ⁻¹	224	198
Areia média	g kg ⁻¹	239	239
Areia fina	g kg ⁻¹	183	214
Areia muito fina	g kg ⁻¹	55	68
Areia total	g kg ⁻¹	814	825
Silte	g kg ⁻¹	159	117
Argila	g kg ⁻¹	27	59
Classe textural	—	Areia Franca	Areia Franca
Relação silte/argila	g kg ⁻¹	5,89	1,98
Densidade do solo	g cm ⁻³	1,39	1,46
Densidade de partículas	g cm ⁻³	2,66	2,63
Porosidade total	%	46,62	34,34

⁽¹⁾ Análises físicas realizadas de acordo com métodos propostos pela EMBRAPA (Teixeira et al., 2017).

A determinação do P desorvido com fitas-Fe foi realizada no Laboratório de Matéria Orgânica no Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

Uma vez finalizada a aplicação da lâmina de lixiviação com solução salina, as colunas de solo foram desmontadas e as subamostras foram secas ao ar, as quais foram submetidas a extrações sucessivas de P utilizando fitas-Fe, até que a capacidade de renovação do P em solução pela fase sólida fosse esgotada.

Para tanto, 3 g de solo após o ensaio de deslocamento miscível de cada coluna foram pesadas, agitadas com 30 ml de água deionizada junto com 3 fitas-Fe em tubo de centrífuga de 50 ml durante os períodos de 1, 7, 22, 28, 43, 48, 72, 88 e 105 horas. Após cada tempo as fitas-Fe foram lavadas (0,5 ml de água deionizada para cada face) e trocadas. Em seguida as fitas-Fe lavadas foram transferidas para tubos de centrífuga contendo 50 ml de solução sulfúrica a 0,2 mol L⁻¹ (H₂SO₄), agitadas por 24 horas e determinado o teor de P do extrato (Murphy; Riley, 1962).

Os dados obtidos da dessorção de P com fitas de Fe foram processados pelo programa Sigmaplot 10 (SYSTAT SOFTWARE, 2006), estimando-se o P adsorvido na superfície do solo (Q_{ini}) e a taxa de dessorção (K_d), considerando o primeiro termo da equação igual a zero pela presença de uma superfície de alta afinidade por P e de elevada capacidade de extrair P do solo (Fitas-Fe) (Van der Zee et al., 1987).

O Q_{ini} e o K_d foram calculados com base em cinética de primeira ordem (Van der zee; Gjaltema, 1992), caracterizando o reservatório de P no solo.

$$\partial[P]ads/\partial t = -K_d Q$$

Integrando a equação com as condições:

$$T = 0; [P]ads = Q_{ini}$$

A quantidade desorvida de P foi dada por:

$$Q = Q_{ini} - [P]_{ads}(t)$$

Que resulta em:

$$Q = Y_0 + Q_{ini} * \{1 - \exp(-K_d t)\}$$

Em que:

Q - fósforo desorvido pelas fitas-Fe [M M⁻¹];

Q_{ini} - P inicialmente adsorvido na superfície dos coloides [M M⁻¹];

Y₀ = pulso de P

K_d - taxa de desorção [T⁻¹];

t - tempo [T].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O P presente nas superfícies dos coloides dos solos adubados e não adubados localizados no Agreste paraibano, apresentaram uma cinética de desorção rápida na fase inicial, tornando-se lenta ao longo do tempo e mantendo-se constante ao final da reação (Figuras 3).

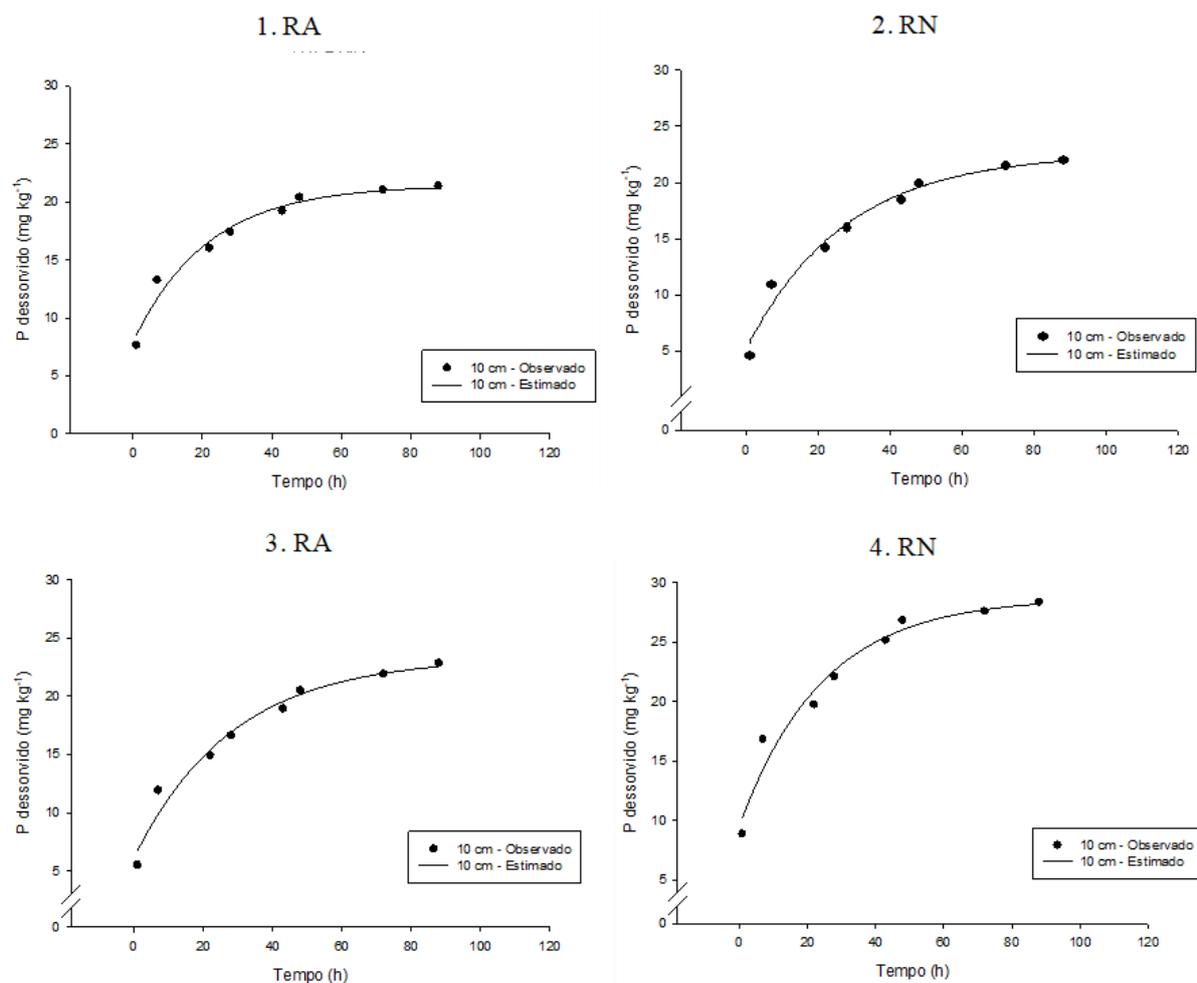


Figura 3. Cinética de desorção de P em Neossolos Regolíticos (0-10 cm) adubados e não adubados com esterco bovino, localizadas em Remígio, Agreste paraibano. Áreas adubadas anualmente (1RA e 3RA) e não adubadas há 5 anos (2RN e 4RN).

Em geral, a partir da sétima extração de P com as fitas-Fe, os valores de P se estabilizaram. Um comportamento semelhante foi observado por Melo (2015), o autor credita ao fato de a primeira extração com fitas-Fe retirar o fósforo adsorvido com menor energia e à medida que esse se esgota, as quantidades removidas pela fita-Fe tornam-se pequenas porque a energia de ligação do fosfato com os colóides aumenta.

Observa-se que o comportamento da extração de P foi semelhante para todas as áreas avaliadas. Este comportamento pode ser explicado pelo legado de P existente nas áreas RN, mesmo sem terem recebido nenhum tipo de adubação nos cinco anos anteriores. Tal fato é confirmado pelos teores bastante próximos de P total nas áreas (Tabela 1).

Nas áreas adubadas e não adubadas os teores de Q_{ini} variaram de 17,27 a 17,28 mg kg⁻¹ (Quadro 1). Em todas as amostras, a taxa de dessorção foi inferior ao Q_{ini} , cuja ordem de grandeza do fósforo extraído pelas fitas-Fe reforçam a maior lixiviação do P. Os dados desse estudo são semelhantes ao encontrado por Azevedo et al. (2018) que obtiveram valores de K_d nas camadas de 0-10 e 10-20 cm variando de 0,10 - 0,06 h⁻¹, demonstrando uma relação inversa do P dessorvido com o adsorvido.

O uso das fitas-Fe indicou valores altos de P adsorvido (Q_{ini}) em todas as áreas adubadas anualmente e não adubadas nos últimos cinco anos (Quadro 1).

Quadro 1. Valores de P inicial adsorvido (Q_{ini}), taxa de dessorção (K_d) e o coeficiente de determinação (R^2).

Amostras	Q_{ini}	K_d	R^2
1 RA	17,27 ± 5,73	0,051 ± 0,002	0,96
2 RN	17,47 ± 1,15	0,037 ± 0,002	0,97
3 RA	17,31 ± 1,68	0,037 ± 0,009	0,96
4 RN	19,28 ± 1,09	0,041 ± 0,003	0,95

*Áreas adubadas anualmente (1RA e 3RA) e não adubadas há 5 anos (2RN e 4RN).

A partir dos valores baixos de Q_{ini} e K_d das áreas adubadas e não adubadas pode-se inferir que os elevados teores de P são consequência da aplicação de altas doses de P via esterco bovino nessas áreas ao longo dos anos.

O uso das fitas-Fe mostrou valores representativos de P adsorvido (Q_{ini}) em todas as áreas adubadas e não adubadas. Os valores de K_d com o uso das fitas-Fe variaram de 0,037 a 0,051 h⁻¹, tais valores indicam que as extrações com as fitas-Fe retiraram totalmente o P adsorvido com menor energia, o que não seria possível com métodos tradicionais de extração de P disponível. À medida que esse

processo avançou, as quantidades removidas pelas fitas-Fe tornaram-se menores, devido ao aumento da energia de ligação do fosfato com os coloides, levando mais tempo para a retirada do P adsorvido.

Esse método de P fitas-Fe possibilita revelar a causa da deficiência deste nutriente e prever a resposta das culturas à adubação fosfatada, além de ser utilizado nos estudos sobre o comportamento do P nos solos (Lacerda et al., 2013). Assim verificamos que a utilização de tiras de papel impregnadas com Fe e Al é um método adequado para medir a dessorção de P.

As taxas de dessorção apresentaram o mesmo comportamento, indicando perda na reserva deste nutriente. A perda de P nessas áreas ocorreram em consequência das doses de esterco aplicado e da própria mineralogia do solo, pois em condições moderadamente alcalinas ($\text{pH} > 7$), os minerais com baixo PCZ, como a caulinita, mineral predominante na fração argila do solo (Figuras 5 e 6), encontram-se carregados negativamente, propiciando a lixiviação do P.

Dessa maneira, a capacidade de extração dos métodos de avaliação da disponibilidade de P, está vinculada a essa energia de adsorção. A extração de P com as fitas-Fe é altamente eficiente, pois, permite quantificar e simular o tempo que a planta levaria para que todo P que estava adsorvido nos coloides do solo encontrar-se disponível na solução do solo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de Fitas-Fe para a avaliação de dessorção de P é eficiente e apresenta vantagens em relação a métodos de métodos tradicionais de extração de P disponível.

A dessorção de P com o uso de fitas-Fe é rápida na fase inicial, tornando-se lenta ao longo do tempo e mantendo-se constante ao final da reação.

A estabilização da cinética química ocorre na sétima extração do P adsorvido com fitas-Fe no tempo de 72 h.

Os valores P adsorvido (Q_{ini}) são altos em todas as áreas avaliadas devido ao legado de P existente em virtude do histórico de adubação das áreas.

Os valores de K_d indicam que as extrações com as fitas-Fe retiraram totalmente o P adsorvido. À medida que esse processo avançou, as quantidades removidas pelas fitas-Fe tornaram-se menores, devido ao aumento da energia de ligação do fosfato com os coloides, levando mais tempo para a retirada do P adsorvido.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal da Paraíba - UFPB, através do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, pela oportunidade de cursar e concluir o Doutorado em Ciência do Solo. Ao Prof.º Dr. Ignacio Hernán Salcedo (*in memoriam*) pela orientação, pelos ensinamentos científicos repassados, amizade, carinho, respeito e auxílio à pesquisa durante um ano e 10 meses de doutoramento. Ao Instituto Nacional do Semiárido (INSA) pelo auxílio em algumas análises de determinações químicas e físicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdala, D. B., Silva, I. R., Vergutz, L., & Sparks, D. L. (2015). Long-term manure application effects on phosphorus speciation, kinetics and distribution in highly weathered agricultural soils. *Chemosphere*, 119: 504–514.
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, F. L. M., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6): 711–728.
- Azevedo, R. P., Salcedo, I. H., Lima, P. A., Fraga, V. S., & Lana, R. M. Q. (2018). Mobility of phosphorus from organic and inorganic source materials in a sandy soil. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*. 7(2): 1 - 11.
- Bergström, L., Kichmann, H., Djodjic, F., Kyllmar, K., Ulén, B., Liu, J., Anderson, H., Aronsson, H., Börjesson, G., Kynkäänniemi, P., Svanbäck, A., & Villa, A. (2015). Turnover and Losses of Phosphorus in Swedish Agricultural Soils: Long-Term Changes, Leaching Trends, and Mitigation Measures. *Journal of Environmental Quality*, 44: 512 – 523.
- Boitt, G., Black, A., Wakelin, S. A., Mcdowell, R. W., & Condon, L. M. (2018). Impacts of long-term plant biomass management on soil phosphorus under temperate grassland. *Plant Soil*, 427: 163–174.
- Cavalcanti, F. J. de A. (2008). *Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: (2a ed). Revista. Recife: IPA.*
- Galvão, S. R. S., & Salcedo, I. H. (2009). Soil phosphorus fractions in sandy soils amended with cattle manure for long periods. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33: 613-622.
- Galvão, S. R. S., Salcedo, I. H., & Oliveira, F. F. (2008) Acumulação de nutrientes em solos arenosos adubados com esterco bovino. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43(1): 99-105.
- Guardini, R., comin, J.J, Schmitt, D. E, Tiecher, T, Bender, M. A, Santos, D. R. dos, Mezzari, C. P, Oliveira, B. S, Gatiboni, L. C, & Brunetto, G. (2012) Accumulation of phosphorus fractions in typic Hapludalf soil after long-term application of pig slurry and deep pig litter in a no-tillage system. *Nutrient Cycling Agroecosystems*, 93: 215-225.
- Hadgu, F., Gebrekidan, H., Kibret, K., & Yitafaru, B. (2014). Study of phosphorus adsorption and its relationship with soil properties, analyzed with Langmuir and Freundlich models. *Agriculture, forestry and fisheries*, 3: 40-51.
- Lacerda, J. J. J., Furtini Neto, A. E., Resende, A. V., Santos, J. Z. L., Carneiro, L. F., & Oliveira, C. H. C. (2013). Crop growth response and dynamics of inorganic phosphorus fractions after application reactive Arad phosphate rock in Oxisol with different land use histories. *African Journal of Agricultural Research*, 26: 3454-3461.
- Melo, L. N. D. (2015). *Deslocamento Vertical de fósforo em solo arenoso com adubações contínuas de esterco, sob condições controladas. Trabalho de Graduação de Curso (Graduação em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba. Areia.*

- Meurer, E. J. (2010). Fundamentos de química do solo (4a ed). Editora Evangraf.
- Murphy, J., & Riley, J. P. (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in natural water. *Analytica Chimica Acta*, 27: 31-36.
- Novais, R. F., & Smyth, T. J. (1999). Fósforo em solo e planta em condições tropicais, 399.
- Pantano, G., Grosseli, G. M., Mozeto, A. A., & Fadini, P. S. (2016). Sustentabilidade no uso do fósforo: uma questão de segurança hídrica e alimentar. *Química Nova*, 39(6): 732-740.
- Resende, M., Curi, N., Ker, J. C., & Rezende, S. B. (2011). Mineralogia de Solos Brasileiros: Interpretações e Aplicações. (2a ed). Editora revista ampla.
- Santos, H. G. dos, Jacomine, P. K. T, Anjos, L. H. C. dos, Oliveira, V. A. de, Lumbreras, J. F, Coelho, M. R, Almeida, J. A. de, Araujo filho, J. C. de, Oliveira, J. B. de, & Cunha, T. J. F (2018). Sistema Brasileiro de Classificação de Solo, (5a ed). Editora Embrapa.
- Systat Software, Inc. (2006). SigmaPlot 10 user's manual.
- Tamungang, N. E. B., David, M. A., Alakeh, M. N., & Adalbert, O. A. (2016). Phosphorus adsorption isotherms in relation to soil characteristics of some selected volcanic affected soils of Foubolt in the West Region of Cameroon. *International Journal of Soil Science*, 11: 19-28.
- Teixeira, P. C., Donagemma, G. K.; Fontana, A., & Teixeira, W. G. (2017). Embrapa - Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. Manual de Métodos de Análise de Solo. (3a ed). Editora Embrapa Solos.
- Tokura, A. M., Furtini Neto, A. E., Carneiro, L. F., Curi, N., Santos, J. Z. L., & Alovisi, A. A. (2014). Dinâmica das formas de fósforo em solos de textura e mineralogia contrastantes cultivados com arroz. *Acta Scientiarum Agronomy*, 33(1): 171-179.
- Van der Zee, S. E. A. T. M., Fokkink, L. G. J., & Van Riemsdijk, W. H. (1987). A new technique for assessment of reversibly adsorbed phosphate. *Soil Science Society America Journal*, 51: 599–604.
- Van der Zee, S., & Gjaltema, A. (1992). Simulation of phosphate transport in soil columns. I. Model development. *Geoderma*, 52: 87-109.

Contribuições e Desafios do Agronegócio Cooperativo

Recebido em: 17/09/2022

Aceito em: 20/09/2022

 10.46420/9786581460617cap2

Maria José de Holanda Leite^{1*} 

INTRODUÇÃO

A evolução da economia mundial caracteriza-se pela gradual abertura das economias nacionais ao comércio internacional. O processo, que hoje se denomina “globalização”, consiste na exposição crescente dos agentes econômicos domésticos à concorrência externa (Bialoskorski Neto, 1994).

A intensificação da concorrência entre países e blocos econômicos faz com que a sobrevivência fique mais difícil para empresas menos eficientes e com gestores despreparados. Para resistir e crescer, as empresas - cooperativas ou não - necessitam garantir um bom desempenho econômico por estratégias diferenciadoras e uma gestão mais eficaz de seus negócios, atuando com vantagem competitiva nos mercados globais (Batalha, 2007).

Este ambiente de negócios conduz os dirigentes cooperativistas a um momento de reflexão: se, por um lado, apresentam-se desafios e oportunidades; por outro, o estímulo à cultura da competição nas sociedades contemporâneas representa uma ameaça ao modelo atual de gestão cooperativista.

AGRONEGÓCIO COOPERATIVO

Cooperação na agricultura

Quando diversas unidades econômicas geralmente da mesma natureza de produção chegam à conclusão de que certa atividade se torna por demais custosa para cada uma delas isoladamente, elas se congregam, formando uma comunidade dotada de organização administrativa especial, e transferem a esta organização determinadas tarefas de modo agregado.

Assim, estas unidades produtivas, anteriormente isoladas, renunciam, no todo ou em parte, ao exercício independente de certas atividades comunitárias, e se põem a serviço das economias particulares associadas.

Portanto, as cooperativas são organizações entre as economias particulares dos cooperados, de um lado, e o mercado, de outro, aparecendo como estruturas intermediárias, formadas em comum.

¹ Universidade Federal de Alagoas (UFAL), BR 104, Km 85, CEP: 57100-000, S/N - Mata do Rolo - Rio Largo, Alagoas, Brasil.

* Autor(a) correspondente: maryholanda@gmail.com

A missão fundamental outorgada à economia empresarial cooperativa é servir como intermediária entre o mercado e as economias dos cooperados para promover seu incremento, justificando assim a denominação de *marketing cooperatives*, bem como a integração do produtor.

As cooperativas não possuem, do ponto de vista econômico, uma existência autônoma e independente dos seus membros, como ocorre nas sociedades de capital, mas deverão existir como organização econômica intermediária, posta a serviço da satisfação das necessidades das economias particulares dos cooperados.

As relações econômicas entre os cooperados e sua empresa são então caracterizadas como “ato cooperativo” e não como “ato comercial”, conforme reconhece a própria Constituição brasileira.

As sociedades cooperativas também são caracterizadas como sociedades de pessoas, onde há a agregação inicial do fator de produção de trabalho (nas assembleias gerais, cada associado tem direito a um único voto), diferentemente das sociedades de capital, que são caracterizadas pela agregação inicial do fator de produção capital (nas assembleias gerais, o voto é proporcional ao capital de cada investidor).

Doutrina

O cooperativismo é a doutrina que visa à renovação social pela cooperação. Esta, etimologicamente, vem do verbo latino *cooperari*, ou seja, operar juntamente a alguém. Seu significado é trabalhar junto ao objetivo de corrigir o social pelo econômico, utilizando-se de associações, que são as sociedades cooperativas (Batalha, 2007).

O cooperativismo foi concebido em Rochdale, na Inglaterra, em 1844, durante o período da chamada revolução industrial. Após uma frustrada greve por melhores salários, um grupo de tecelões considerou a possibilidade da transformação de seu estado de dependência e formou uma organização empresarial particular chamada de cooperativa. Isto ocorreu influenciado por um grupo específico de pensadores econômicos chamados de socialistas associacionistas.

Tabela 1. Princípios doutrinários do cooperativismo expressos nos estatutos da cooperativa de Rochdale.

Princípios doutrinários	Estatutos de Rochdale
Solidariedade	Associativismo <i>Retorno pro rata</i>
Igualdade	Gestão democrática Neutralidade política e religiosa
Liberdade	Cooperação voluntária Livre entrada e saída
Fraternidade	Educação cooperativa

A base doutrinária dos estatutos desses cooperativistas pioneiros que norteará toda a organização cooperativa até os dias atuais, sendo adotada e propagada pela Aliança Cooperativa Internacional e por cada uma das organizações cooperativas em nível nacional.

O primeiro princípio exposto nos estatutos é o da *democracia*, segundo o qual a sociedade será dirigida por um corpo composto de presidente, tesoureiro, secretário, uma junta de três administradores e cinco diretores, todos eleitos em assembleia geral dos associados, na qual cada associado tem direito a um único voto.

O segundo princípio exposto é o da livre *adesão*, segundo o qual qualquer cidadão indicado por dois membros da sociedade e aprovado pelos diretores pode tornar-se mais um membro associado, *bem como* é livre sua saída da sociedade.

Os princípios restantes evidenciados nos estatutos dessa sociedade são: *o pagamento de uma taxa* limitada de juros ao capital investido, o retorno *pro rata* dos excedentes, proporcional à atividade e à operação de cada um dos associados, a *educação* dos membros, efetuada através de um fundo específico para este fim, e a neutralidade *política e religiosa* dessa sociedade.

A Aliança Cooperativa Internacional (ACI), órgão máximo do movimento cooperativista mundial, criada em 1895, estabelece até hoje esses princípios como fundamentais para a caracterização de uma cooperativa, bem como para a filiação em seus quadros. Apesar de em várias oportunidades esses pontos terem sido discutidos em suas assembleias gerais e passado por algumas pequenas modificações.

Empresa cooperativista

O Brasil, como outros países, possui uma legislação específica para o cooperativismo, e a Lei nº 5.764, de 16 de dezembro de 1971, que expõe os princípios doutrinários da ACI, caracteriza esta sociedade como uma atividade econômica de proveito comum sem o objetivo de lucro, tendo como características a adesão voluntária, a variabilidade do capital social representado pelas quotas-partes, a inaccessibilidade destas quotas-partes, a singularidade de voto, o retorno das sobras líquidas do exercício, a neutralidade político-religiosa, entre outras. Na tabela seguir será mostrada sinteticamente a diferença entre uma cooperativa e uma firma de capital.

A Lei nº 5.764/71 prevê uma organização legislativa formada por: Assembleia Geral, Conselho Administrativo e Fiscal.

Aqui é evidenciado que o objetivo de uma cooperativa é a prestação de serviços a seus associados, ou seja, o “trabalho”, e não o lucro, como em uma firma de capital.

Também a gestão é democrática; cada homem tem o direito, nas assembleias gerais, a somente um único voto, diferente das firmas de capital, onde cada proprietário tem direito as decisões de forma proporcional à sua participação no capital empresarial.

Tabela 2. Quadro comparativo entre empresas de capital e cooperativas.

Firma	Capitalista	Cooperativista
Objetivo	Capital (Lucro)	Trabalho (Serviços)
Gestão	Capital (Ação = um voto)	Trabalho (Associados = um voto)
Apropriação	Capital (Proporcional às ações)	Trabalho (Proporcional à atividade)
Fator Arrendado	Trabalho	Capital

Nestas empresas coletivas, a participação nos resultados dá-se através de uma distribuição proporcional das sobras de acordo com o trabalho e a operação de cada um com sua cooperativa, chamada de *pro rata*, e não como na firma de capital, proporcional à integralização do capital.

Com estas características fundamentais, a empresa cooperativa é dirigida por um órgão máximo de gestão, que é a assembleia geral, onde cada associado tem direito a um único voto, independentemente de sua participação no capital da sociedade.

A participação no capital da sociedade dá-se através da subscrição de quotas-partes pelo produtor rural no ato de sua associação na cooperativa. Essas quotas-partes não são negociáveis, como ações de uma empresa; portanto, não é possível vendê-las a terceiros estranhos à sociedade.

A assembleia geral escolhe obrigatoriamente um conselho fiscal, composto de três membros e três suplentes, e um conselho de administração, respectivamente responsáveis pela fiscalização dos atos administrativos na sociedade e pela própria administração da empresa coletiva. Este organograma é obrigatório por lei.

E esta é a organização básica destas sociedades. O organograma, além desses órgãos, é livre para se adaptar a cada uma das empresas e a seus objetivos.

O que é recomendado pelas organizações de cooperativas são as estruturas que possibilitam uma participação maior do associado em sua empresa, como comitês educativos, conselhos de produtores ou comitês por área de produção.

Esses comitês tem uma dinâmica própria, com regimento interno específico, e possibilitam a reunião de produtores por área de atuação ou por atividade e negócio da cooperativa, fazendo com que as principais decisões administrativas possam ser discutidas rapidamente por um número significativo de sócios e representantes.

Essas estruturas também possibilitam o desenvolvimento da educação para a cooperação entre os associados, que é um dos objetivos do movimento cooperativista internacional.

O sistema cooperativista no Brasil é representado por organizações estaduais, as Organizações das Cooperativas Estaduais (OCEs), e, em nível nacional, a Organização das Cooperativas Brasileiras (OCB). Em nível internacional, a OCB é filiada à Organização das Cooperativas Americanas (OCA), e esta à Aliança Cooperativa Internacional (ACI) (Batalha, 2007).

As cooperativas são classificadas de acordo com seus objetivos sociais, como: de consumo, agropecuárias, de trabalho, de crédito, etc.

a) as cooperativas de consumo têm como objetivo facilitar o ato de consumo de seus associados, comprando bens em quantidade e vendendo a preços mais acessíveis;

b) as cooperativas de crédito têm como objetivo aglutinar a poupança de seus associados e possibilitar a obtenção de empréstimos financeiros em condições privilegiadas;

c) as de trabalho têm o objetivo de facilitar o trabalho e a prestação de serviços de seus associados; e assim respectivamente.

As cooperativas também são classificadas por sua estrutura, como: singulares, centrais (ou federações) e confederações.

a) as singulares são aquelas compostas por associados;

b) as centrais ou federações são aquelas compostas não por associados, mas por uma série de cooperativas singulares;

c) as confederações são aquelas compostas por centrais ou federações.

ECONOMIA DO COOPERATIVISMO

Este item mostra algumas características econômicas da empresa cooperativa, com alguns conceitos básicos, sem aprofundá-los.

Fixação de preços

Esse modelo baseia-se na existência de um monopólio de uma firma de capital e na estratégia de preços de uma cooperativa que entra no mercado, situação comum na atividade agropecuária devido aos monopólios ditos geográficos.

Também supõe, como premissa, que a planta agroprocessadora cooperativa tenha o mesmo tamanho e eficiência da planta da firma de capital.

A firma de capital monopolista vai maximizar seu lucro, igualando seu custo marginal a sua receita marginal, chegando ao máximo de lucratividade possível.

Dada uma situação como essa, os produtores tendem a se agrupar formando uma cooperativa que busca contornar esse tipo de situação e alcançar menores preços na hora de suas compras.

Esta cooperativa poderia tender a fixar seu preço, procurando o mínimo custo e o menor preço possível ao cooperado.

Eficiência econômica

Análise da eficiência econômica pode ser realizada pelo desenvolvimento do modelo, de Helmerger e Hoss, apresentado por Knutson, **modelo (1)**, em que o lucro de uma firma de capital agroprocessadora é dado por:

$$L = P_y Y - P_i X_i - P_m M - F \quad (\text{Modelo 1})$$

Assim, neste modelo, o lucro (L) é uma função do preço recebido pela processadora (P_y), da quantidade dos produtos processados (Y), do preço (P_i) da quantidade dos insumos (X_i) do preço (P_m), da quantidade da matéria-prima (M) adquirida dos produtores, e de um custo fixo (F) dessa empresa.

Considerando, de acordo com Bialoskorski, uma transformação no modelo original, fazendo-se a produção da empresa agroprocessadora como uma função dos insumos e da matéria-prima necessária, $Y = f(X_i, M)$, e maximizando o lucro da empresa agroprocessadora em função dos insumos, tem-se como resultado que o valor do produto marginal é igual ao preço do insumo no ponto de máximo lucro desta empresa e esta empresa agroprocessadora estaria operando em um ponto de máxima eficiência econômica.

Considerando agora a empresa cooperativa, o modelo (1) apresentado passaria por uma transformação, pela razão doutrinária de ausência de lucros na cooperação – modelo (2).

$$P_m M = P_y Y - P_i X_i - F \quad (\text{Modelo 2})$$

Promove-se neste modelo algumas transformações, neste caso, a condição de primeira ordem relativa aos insumos necessários à produção X_i é idêntica à equação encontrada para a firma agroprocessadora de capital, ou seja, o valor do produto marginal é igual ao preço do produto e a cooperativa, quanto a este aspecto, também estaria trabalhando em um ponto de máxima eficiência econômica.

Porém, quanto à condição de primeira ordem, relativa aos produtos adquiridos de seus cooperados, o resultado é diferente, ou seja, o valor do produto marginal é igual a zero e a empresa cooperativada estaria trabalhando em uma condição de máxima eficiência física, e não no ponto de máxima eficiência econômica.

Estes resultados demonstram que a empresa agroprocessadora cooperativada, devido a um preceito doutrinário de **ausência de lucros**, poderia estar operando de forma a maximizar seus “serviços” ou os benefícios aos cooperados associados, de forma que esta empresa tenderia a uma situação de máxima eficiência física e não econômica, podendo trazer consequências futuras adversas ao empreendimento coletivo.

Economia da integração

A integração, via empresa cooperativa, deve trazer benefícios claros, promovendo a superaditividade das economias envolvidas. Esta condição é satisfeita através de quatro fatores:

1. Economia de operações combinadas – união de operações tecnologicamente distintas de forma a ganhar eficiência no processo produtivo global;
2. Economia de coordenação - ocorre através da redução de custos de controle e de transações;

3. Economia da informação - facilita o acesso a informações importantes ao processo de tomada de decisão de produção e comercialização;

4. Economia de relacionamentos estáveis - possibilita a especialização nas diversas fases de produção, permitindo um ganho pela eficiência e diferenciação do produto através de marcas e/ou pela qualidade.

Estas economias da integração permitem ao cooperado maior habilidade na agregação de valores a sua produção agrícola, rompendo algumas barreiras na entrada em mercados específicos e propiciando a diversificação.

Em última análise, o sucesso da empresa cooperativada poderá depender de que seu grau de integração vertical ou horizontal que possibilite a permanência do cooperado na empresa, de forma que *o vetor de benefícios seja maior que o vetor de custos*, maximizando seu lucro e sua utilidade, proporcionando ganhos extras em face da produção individual ou a integração em empresas oligopolistas concorrentes.

Sem dúvida a empresa cooperativa é muito interessante ao produtor rural sob a ótica microeconômica, elevando sua renda média e trazendo utilidade de todos os produtores envolvidos, podendo levar esse empreendimento a uma situação de máxima eficiência física no uso de insumos, e não à máxima eficiência econômica, devido ao preceito doutrinário da ausência de lucros ou ganhos.

CONTRIBUIÇÕES DO COOPERATIVISMO AGROPECUÁRIO AO DESENVOLVIMENTO RURAL

As cooperativas agropecuárias têm um papel importante na melhoria da distribuição de renda na zona rural, uma vez que podem promover a agregação de valor aos produtos agrícolas e aumentar o poder de barganha do produtor rural em mercados relativamente imperfeitos.

Tal situação se explica pelo fato de que, de um lado, a agricultura como setor primário da economia caracteriza-se por interagir, a montante e a jusante, com mercados fortemente oligopolizados, como é o caso dos insumos, o processamento das matérias-primas e a distribuição dos produtos acabados até o mercado consumidor.

Do outro lado, os agricultores participam de um mercado cuja estrutura é bastante atomizada e bem competitiva, colocando-os como meros tomadores de preços, tanto no momento da compra de insumos como na venda de seus produtos. Esse posicionamento competitivo no mercado propiciou a existência de estruturas econômicas intermediárias, como as cooperativas agropecuárias, garantindo ao produtor um menor risco na sua atividade e um maior valor agregado para os seus produtos.

Em algumas regiões do Estado de São Paulo, análises estatísticas comprovam que para cada 10% de aumento na proporção de cooperados há um provável aumento médio de 2,5% na renda dos produtores rurais da região.

Vale destacar que, onde há a presença das cooperativas, há também melhores preços para os produtos agrícolas e valores mais baixos nos insumos demandados pelos produtores rurais, essas

diferenças podem ser significativas e beneficiam toda comunidade rural (Bialoskorski Neto, 1998). A melhoria da renda média do produtor rural também está relacionada ao aumento da produtividade alcançado nos empreendimentos agropecuários, assistidos por cooperativas.

Para que uma cooperativa tenha, de fato, condições de oferecer vantagens aos associados, é necessário que ela apresente três características: autoajuda, auto responsabilidade e autodeterminação democrática.

Desde os primórdios, o cooperativismo norteia-se pelo princípio da autoajuda. Embora qualquer empresa, que não seja individual, baseie-se no pressuposto de que a associação de pessoas auferir vantagens individuais pelo sinergismo de esforços e capacidades, é no cooperativismo que essas vantagens ficam mais evidenciadas.

A auto responsabilidade é decorrência do ato cooperativo, com certeza, a maior distinção entre uma sociedade cooperativa e outros tipos de sociedades.

A autodeterminação democrática se alicerça no princípio de que cada um dos associados representa um voto, independente do capital que cada associado detenha na sociedade.

Os motivos que levam um produtor a entrar em uma cooperativa, dentre os quais destaca-se:

a) o acesso aos mercados: o produtor, individualmente, tem oportunidades limitadas para entrar no mercado. Cooperando, o poder mercantil aumenta, e o seu acesso é viabilizado;

b) a economia de escala: cooperando, o produtor individual pode ter escala de operação que possibilite operar com custos menores;

c) o acesso a recursos: cooperando, o produtor pode ter acesso à informação, à tecnologia, fontes de capital a custos menores, melhorando o desempenho do negócio;

d) a pulverização do risco: o produtor individual pode investir sozinho em tecnologia e novos processos. Contudo, cooperando, os riscos desses investimentos são diluídos;

e) os motivos ideológicos: o produtor individual pode entrar numa cooperativa por motivos ideológicos, por causa de sua crença no fato de que a solidariedade entre produtores pode ajudar a todos e aumentar o bem-estar comum.

Cooperativas agropecuárias podem explorar especialmente suas vantagens relacionadas ao contato direto com os produtores rurais e, conseqüentemente, sua maior capacidade de coordenação da cadeia de suprimentos, aspecto que pode ser interessante para empresas mais focadas em estágios de processamento e distribuição de produtos para consumidores finais (Lazzarini; Bialoskorski Neto, 1998).

DESAFIOS DO COOPERATIVISMO AGROPECUÁRIO

O grande desafio das cooperativas agropecuárias é encontrar o equilíbrio entre os interesses econômico, social e político dos seus associados. O interesse econômico reside no crescimento mútuo do patrimônio líquido do associado e da cooperativa; o social está ligado aos serviços que os associados e suas respectivas famílias recebem da cooperativa, e, finalmente, o político, que leva às disputas internas

pelo poder, como também à representatividade da cooperativa e de seus associados perante a comunidade.

Administrar esses interesses é uma tarefa difícil e complicada, e muitas empresas dessa categoria estão perdendo espaço para seus concorrentes por não conseguirem equilibrá-los satisfatoriamente (Antoniali, 2000).

As cooperativas com suas características peculiares compõem o único setor da economia, cuja doutrina tem sua ênfase no equilíbrio entre o econômico e o social, o qual se instala como o seu primeiro desafio frente à globalização, pois exige eficiência e competitividade. Tal fato implicará, necessariamente, no aprimoramento de gestão, na redução de custos, na demissão de funcionários e maus cooperados, e no tratamento diferenciado para os associados em função do tamanho, da eficiência e da reciprocidade.

Com as pressões impostas pelo novo ambiente, seja pelo mercado, seja pela ação regulatória do Estado, o cooperativismo foi desafiado a adaptar-se urgentemente, antes que perdesse sua importância efetiva como sistema econômico de produção e ou de prestação de serviços.

Para conseguirem sobreviver, as cooperativas tiveram de enfrentar o enorme desafio de agir como empresas privadas no mercado, além de terem que preservar suas relações com os cooperados, que são, ao mesmo tempo, donos, clientes e fornecedores (Dornelas, 1998).

Nesse sentido, o cooperativismo agropecuário talvez tenha sido o que mais sofreu com todas as mudanças na economia, já que as modificações do ambiente econômico também influenciaram padrões de política agrícola e de competitividade, afetando diretamente todas as cooperativas dessa categoria (Bialoskorski Neto, 1998).

A cooperativa deve orientar-se para o mercado, mudando o enfoque de vender tudo o que o cooperado produz, para produzir o que o mercado realmente está demandando. É fundamental, portanto, saber identificar o seu corebusiness (negócio essencial) e focar-se exclusivamente nele.

Inicialmente, a capitalização se dá via admissão de associados, pela subscrição de quotas-partes de capital integralizado no mesmo ano ou ao longo de determinado período.

Uma outra forma utilizada é a captação de recursos próprios pela apropriação das sobras líquidas auferidas no exercício que não foram distribuídas aos associados por decisão da assembleia geral.

Na atividade agropecuária, todo esse processo é mais complexo, dado que, além das imperfeições existentes no mercado, sua atividade está sujeita aos fatores climáticos (imprevisíveis e incontrolláveis). Além das incertezas provenientes dos fatores climáticos, as cooperativas que atuam no setor agropecuário financiam seu quadro de associados com seus escassos recursos próprios.

Essa decisão aumenta o risco operacional, pois, em períodos em que as safras dos produtores não são capazes de gerar um nível de receita suficiente para cobrir suas obrigações com a cooperativa, o índice de inadimplência aumenta acentuadamente.

Esta, por sua vez, diminui a liquidez daquela, aumentando seu nível de endividamento que, em determinadas situações, pode produzir um estado de insolvência, a qual sinaliza ao mercado que a sociedade cooperativa é um cliente com alto risco de crédito.

Conseqüentemente, o agente financeiro irá cobrar pelos recursos uma taxa de juros mais alta, além de exigir um nível maior de garantias e, no limite, não emprestar os recursos (Zylbersztajn, 1999).

Sem capital próprio, a cooperativa perde a autonomia e a independência. Em muitos casos, no Brasil, os membros do conselho de administração precisam conceder aval aos empréstimos, porque não têm recursos próprios, ou seja, o patrimônio líquido é insuficiente para financiar seus investimentos operacionais.

Percebe-se que ainda não existem incentivos para que as cooperativas possam capitalizar-se, crescer e buscar uma situação de eficiência econômica em que seu associado possa investir no negócio e ter garantias do retorno sobre o resíduo das operações. O maior retorno poderia estimular a comercialização das quotas-partes, mas não é o que ocorre devido à sua baixa remuneração.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O agronegócio brasileiro tem grande importância na economia do Brasil, visto que representa grande parcela na participação no PIB – Produto Interno Bruto. Sem dúvidas, quem sustenta esse ramo mercadológico, é o agronegócio cooperativo.

Porém, para que os produtores possam exercer suas atividades, se faz necessários incentivos não só do Governo Federal, como também mais participação das empresas cooperativistas.

O agronegócio cooperativo oferece toda ajuda necessária aos produtores (associados), desde conhecimentos técnicos até a aquisição de maquinário para a produção rural. Dessa maneira, os associados têm acesso a vários benefícios, além dos oferecidos pelo governo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antoniali, L. M. (2000). Modelo de gestão e estratégias: o caso de duas cooperativas de leite e café de Minas Gerais. Tese (Doutorado em Administração). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. Universidade de São Paulo. São Paulo: FEA/USP.
- Batalha, M. O. (2007) Gestão Agroindustrial. São Paulo: Editora Atlas, Vol. 1. GEPAI: Grupo de Estudos e Pesquisas Agroindustriais.
- Dornelas, S. (1998). Dois pesos e uma medida: nascido sob a égide da solidariedade, o cooperativismo enfrenta hoje o desafio de conciliar seus princípios com a competitividade. *Agroanalysis*, Rio de Janeiro, 18(12): 28-29.
- Bialoskorski Neto (1994). Agribusiness cooperativo: economia, doutrina e estratégias de gestão. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba.

- Bialoskorski Neto (2006). Aspectos Econômicos das Cooperativas. Belo Horizonte: Mandamentos.
- Cooperativas: economia, crescimento e estrutura de capital. 1998. Tese (Doutorado) – ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- Lazzarini, S. G., & Bialoskorski Neto, S. (1998). Decisões financeiras em cooperativas: fontes de ineficiência e possíveis soluções. “Working Paper” elaborado para discussão no PENSA. São Paulo: FEA/USP.

Clonagem de espécies arbóreas como estratégia para implantação de povoamentos de alta produtividade

Recebido em: 00/09/2022

Aceito em: 20/09/2022

 10.46420/9786581460617cap3

Maria José de Holanda Leite^{1*} 

INTRODUÇÃO

As espécies florestais são de grande importância para a economia, porque oferecem uma ampla gama de produtos, como madeira para construção, biomassa para a produção de polpa de celulose e papel para fonte de energia industrial, assim como uma série de subprodutos para a indústria de cosméticos, farmacêutica, alimentícia etc. (Studart-Guimarães et al., 2003).

É válido destacar que, no Brasil as plantações florestais são compostas sobretudo por espécies, híbridos e clones de eucalipto (*Eucalyptus* spp.) e de pinheiro (*Pinus* spp.), especialmente os estados de Minas Gerais, São Paulo, Bahia, Rio Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina (Mora e Garcia, 2000). Dessas plantações, cerca de 2/3 correspondem a plantações de eucalipto e o restante de pinheiro, o que representa aproximadamente 4% do PIB nacional (US\$ 7 bilhões), sendo responsável por 2 bilhões em impostos, cujo as exportações alcançaram US\$ 5,4 bilhões em 2004, correspondendo a 10% das exportações brasileiras. Enquanto que, o carvão vegetal oriundo de florestas nativas e plantações é responsável por 40% da produção nacional de ferro gusa e a madeira fornece 20% da energia primária consumida no Brasil; Gera 700 mil empregos diretos e 2 milhões indiretos e 6 milhões de empregos em toda cadeia produtiva florestal (SBS, 2007).

Estes aumentos de produtividade ocorreram, principalmente, devido à combinação entre os resultados alcançados com as técnicas de melhoramento genético clássico e o avanço das tecnologias e dos conhecimentos relacionados à propagação vegetativa desse gênero. A propagação vegetativa ou clonagem consiste em multiplicar assexuadamente partes de plantas (células, tecidos, órgãos ou propágulos), de modo a gerar indivíduos geneticamente idênticos à planta-mãe.

A importância dessas técnicas na produção de mudas de espécies florestais no Brasil pode ser confirmada quando se verifica que, hoje, a maioria das florestas plantadas de eucaliptos é oriunda de mudas produzidas pela propagação vegetativa.

¹ Universidade Federal de Alagoas (UFAL), BR 104, Km 85, CEP: 57100-000, S/N - Mata do Rolo - Rio Largo, Alagoas, Brasil.

* Autora correspondente: maryholanda@gmail.com

A utilização da propagação vegetativa se justifica para genótipos de alta produtividade e qualidade que produzam sementes em quantidades insuficientes para manter um programa de melhoramento ou plantios comerciais, sementes de difícil armazenamento, com baixo poder germinativo, ou híbridos estéreis.

O aumento da eficiência produtiva e de qualidade da floresta depende da utilização adequada das técnicas de melhoramento genético e do conhecimento dos fatores ambientais envolvidos nos processos fisiológicos para melhor controlar os mecanismos que regulam o crescimento e desenvolvimento das árvores. Por isso a necessidade da utilização de técnicas de clonagem adequadas tanto para espécies arbóreas exóticas, quanto nativas visando o aumento da produtividade para implantação de povoamentos florestais.

PROPAGAÇÃO VEGETATIVA NA CLONAGEM DE ESPÉCIES ARBÓREAS EXÓTICAS E NATIVAS

A propagação vegetativa ou clonagem consiste em multiplicar assexuadamente partes de plantas (células, tecidos, órgãos ou propágulos), de modo a gerar indivíduos geneticamente idênticos à planta-mãe. A importância dessas técnicas na produção de mudas de espécies florestais no Brasil pode ser confirmada quando se verifica que, hoje, a maioria das florestas plantadas de eucaliptos é oriunda de mudas produzidas pela propagação vegetativa.

A utilização da propagação vegetativa se justifica por gerar genótipos de alta produtividade e qualidade que produzam sementes em quantidades insuficientes para manter um programa de melhoramento ou plantios comerciais, sementes de difícil armazenamento, com baixo poder germinativo, ou híbridos estéreis. Por outro lado, existem espécies que, devido à ausência de estudos em relação aos sistemas de reprodução (biologia de polinização, auto esterilização, grau de autofecundação), por vezes apresentam dificuldades para a aplicação de programas de métodos sexuais de melhoramento.

Um programa que utilize a propagação vegetativa com objetivo de implantação de povoamentos florestais visando a alta produtividade pode resolver estes problemas citados acima, permitindo a produção de mudas durante o ano todo por meio de plantas mantidas em viveiro, além de capturar os componentes genéticos aditivo e não aditivo que resultam em aumento de produtividade, dentro de uma mesma geração de seleção.

Devido à não interferência do processo de recombinação gênica, fator de aumento da variabilidade genética, os plantios de mudas produzidas via propagação vegetativa apresentam, via de regra, grande uniformidade quando as condições de solo e clima se apresentam homogêneas e semelhantes às da origem do material genético selecionado.

De modo que, essas características possibilitam maiores produtividades e uniformidade de crescimento, bem como melhor forma e qualidades tecnológicas da madeira produzida, além de uma

série de outras características desejáveis, como resistência a pragas e doenças, melhor aproveitamento de recursos hídricos e nutricionais do solo, entre outros.

O aumento da eficiência produtiva e de qualidade da implantação de um povoamento adequado depende da utilização adequada das técnicas de melhoramento genético e do conhecimento dos fatores ambientais envolvidos nos processos fisiológicos para melhor controlar os mecanismos que regulam o crescimento e desenvolvimento das árvores.

O uso da propagação vegetativa ou clonagem, justifica-se então, como forma rápida e relativamente barata para o aumento da produtividade e qualidade da implantação de um povoamento florestal.

Técnicas de propagação vegetativa ou Clonagem

A propagação clonal ou propagação vegetativa de plantas somente é possível devido à capacidade que as células, partem de órgãos ou órgãos têm de regenerar órgãos ou plantas completas, em razão de sua totipotencia. De forma geral, o melhoramento de espécies propagadas vegetativamente é mais simples do que o melhoramento de espécies de reprodução sexuada. O melhoramento das espécies propagadas vegetativamente visa obter clones (genótipos) superiores.

Estaquia

A estaquia é uma técnica que consiste em promover o enraizamento de partes da planta, podendo ser de ramos, raízes, folhas e até mesmo fascículos, como em *Pinus* spp. O enraizamento de estacas envolve a regeneração de meristemas radiculares diretamente a partir dos tecidos associados com o tecido vascular, ou a partir do tecido caloso formado na base da estaca. Através dessa técnica é possível a indução da regeneração radicular função da espécie, do genótipo e do nível de maturação da planta doadora (Malavasi et al., 1994).

As brotações para a estaquia podem ser colhidas no campo, no caso de árvores selecionadas em plantios comerciais, ou no jardim clonal, o que representa a segunda etapa do processo. As estacas permanecem na casa de vegetação por um período de 20 a 45 dias, dependendo da região, da época do ano e da espécie envolvida. Quando estiverem enraizadas, estas serão aclimatadas em casa de sombra e, em seguida, transferidas para um local de pleno sol, onde completarão seu desenvolvimento e receberão os tratamentos finais antes de serem levadas ao campo. Normalmente, as mudas produzidas por enraizamento de estacas estão aptas a serem plantadas dos 90 aos 120 dias de desenvolvimento.

Um dos maiores problemas relacionados à estaquia, consiste na obtenção de brotos que apresentam competência à rizogênese. Essas características estão diretamente relacionadas com a origem genética da planta-mãe e ao grau de juvenildade em que se encontram as brotações que serão utilizadas para a estaquia. Quanto mais adulto o material, menor será seu grau de juvenildade e, conseqüentemente, menor sua competência rizogênica.

Cabe destacar que, a estaquia permite definição direta de diversos parâmetros genéticos, estudos nutricionais e fenológicos, além de contribuir para o entendimento da competição, uma vez que pela homogeneidade de genótipos é possível fazer-se um manejo mais preciso do plantio. A formação de florestas clonais por meio de estaquia para produção comercial de plantas assegura maior ganho genético e permite uma produção ilimitada de plantas selecionadas que podem ser adaptadas para fins muito especializados dentro do programa de melhoramento.

Microestaquia

A microestaquia é uma técnica de propagação vegetativa na qual são utilizados propágulos (microestacas) rejuvenescidos em laboratório de micropropagação para serem posteriormente enraizados, visando à obtenção de mudas. É baseada no máximo aproveitamento da juvenilidade dos propágulos vegetativos.

Com a utilização da microestaquia em *Eucalyptus* spp. é possível obtenção de maiores índices de enraizamento, redução de gastos com jardins clonais, melhoria da qualidade do sistema radicular em termos de vigor, uniformidade, volume, aspecto e formato, maior taxa de crescimento e sobrevivência das mudas no campo, além da maior homogeneidade dos plantios comerciais e, conseqüentemente, a maior produtividade e qualidade de madeira em povoamentos florestais.

Entretanto esta técnica apresenta-se como desvantagens, destaca-se a maior sensibilidade das microestacas às condições ambientais, havendo ainda uma carência de estudos nesta área. Outra limitação da técnica de microestaquia é a necessidade de mudas rejuvenescidas pela micropropagação, que é dependente, portanto, da existência de laboratório de cultura de tecidos, o que pode onerar a produção de mudas, além de sua limitação no caso de genótipos recalcitrantes ou com dificuldade de descontaminação.

Micropropagação

Consiste, basicamente, no cultivo *in vitro*, sob condições assépticas e controladas, de propágulos vegetativos denominados de explantes, os quais na presença de reguladores de crescimento e meio nutritivo adequado são induzidos a produzir novas gemas que serão então multiplicadas nestas mesmas condições, a cada novo ciclo de cultivo. Teoricamente, qualquer parte vegetativa da planta pode ser utilizada como fonte de explantes para a micropropagação e, dependendo das características do material a ser micropropagado, algumas partes são mais favoráveis do que outras.

De maneira geral, o aparato e os procedimentos adotados na micropropagação são válidos para qualquer espécie, sendo apenas necessário determinados ajustes em função da especificidade do material a ser trabalhado. Isto determinará se sua aplicação será viável ou não economicamente, em função principalmente da taxa de multiplicação desse material e do valor final de comercialização da muda

produzida. Em geral, as espécies arbóreas e outras de crescimento mais lento apresentam melhor desenvolvimento em meios de cultura com menores níveis de salinidade.

Enxertia

Essa técnica de propagação consiste na união de partes de uma planta em outra que lhe sirva de suporte e estabelecimento de comunicação com o sistema radicular, de forma que as duas partes de plantas diferentes passem a constituir apenas uma única, entretanto, que o nível genotípico de cada uma delas mantenha sua individualidade, sendo a técnica utilizada principalmente em espécies de difícil enraizamento.

O sucesso de enxertia é fundamentalmente composto por três eventos básicos: adesão entre as partes (enxerto e porta-enxerto); proliferação de calo entre as partes; e diferenciação vascular, unindo as duas partes enxertadas (Hartmann et al., 2011). Dessa forma, após o preparo do porta-enxerto e do enxerto, estes são unidos, visando manter o contato entre as zonas cambiais.

ASPECTOS RELEVANTES PARA CLONAGEM DE ESPÉCIES FLORESTAIS

É válido ressaltar que, a clonagem de espécies arbóreas nativas com estratégias para implantação de povoamentos florestais tem apresentado resultados interessantes. Um dos exemplos vem da clonagem de árvores, difundida no Brasil há mais de 30 anos, e que tem como objetivo aumentar a produtividade das florestas plantadas e tentar salvar espécies ameaçadas de extinção.

É importante relatar que outras espécies arbóreas também apresentam grande potencial para a implantação de povoamentos de alta produtividade, como por exemplo: Pinheiro do Paraná, Seringueira, Palmeiteiro, Jacarandá e o ipê-rosa

A *Araucaria angustifolia*, o pinheiro do Paraná, que desde a década de 80 vem sendo alvo de estudos por pesquisadores da Universidade Federal do Paraná (UFPR). A espécie, que até o começo do século passado ocupava 52% do território paranaense, hoje possui uma cobertura equivalente a 0,8% da área do Estado. É impressionante, em 14 anos, as primeiras araucárias clonadas atingem a idade adulta e começam a produzir seus frutos.

Já a *Hevea brasiliensis* é uma das principais espécies florestais nativas do Brasil. No início do século, o Brasil ocupava a primeira posição mundial na produção e exportação de borracha natural. Porém a partir de 1913 o Brasil perdeu a hegemonia no mercado mundial da borracha tendo que disputar o mercado com os países do sudeste asiático, já que as plantações de Seringueira nativas foram atacadas por pragas e doenças que ainda não possuem métodos de controle eficaz, o programa de melhoramento dessa espécie visa reduzir esses danos econômicos que a maioria das plantações da região norte do país é atingida.

Enquanto que, o Palmeiteiro é uma espécie de grande importância econômica (através da produção de palmito) ecológica nos sistemas em que se desenvolve, o enriquecimento das florestas a partir de

semente melhoradas e os estudos de genética das populações locais de palmitos são fundamentais para a concretização da conservação e manejo de seus recursos genéticos.

Porém os resultados mais expressivos vêm das florestas de eucaliptos e pinus, que são matérias-primas utilizadas em larga escala pelas fábricas de papel e celulose. A clonagem proporciona aumento na produção, porque as mudas mantêm as características das plantas doadoras, que são sempre selecionadas entre as árvores de melhor porte e que se adaptam ao ambiente.

CLONAGEM VSANDO A ALTA PRODUTIVIDADE

A partir de estudos efetuados visando o desenvolvimento de técnicas que permitissem a propagação vegetativa de espécies florestais exóticas de rápido crescimento, a clonagem de genótipos promissores vem possibilitando um considerável avanço na silvicultura intensiva de *Eucalyptus* e *Pinus* no Brasil. Apesar de caracterizar-se por ser um processo de multiplicação em que não há recombinação genética entre indivíduos, impossibilitando o surgimento de novas combinações de genes na descendência e variabilidade, o uso racional da técnica compatibiliza os possíveis riscos biológicos com os benefícios inerentes da uniformidade.

Para isso, como primeira providência é imprescindível que os programas de melhoramento genético florestal mantenham um criterioso controle de seleção de genótipos que minimize a escolha de indivíduos aparentados massivamente, aspecto que fatalmente levaria a aumento dos riscos caso seja desconsiderado. Também são medidas importantes o controle espacial e temporal da área plantada com clones, procurando-se até certo ponto imitar uma floresta formada a partir do plantio de mudas obtidas por sementes.

Do ponto de vista silvicultural as principais vantagens advindas da clonagem são: otimização do aproveitamento dos fatores de crescimento (luz solar, água e nutrientes dissolvidos na solução do solo), conseguido através do plantio de clones previamente selecionados e adaptados para crescerem em uma determinada condição ambiental; maior facilidade para a adoção de práticas silviculturais, como decorrência do comportamento uniforme das plantas e produção de produtos florestais mais uniformes e de melhor qualidade para industrialização, face à homogeneidade das árvores do povoamento.

Como os métodos de clonagem em escala comercial são constituídos por uma série de etapas, ora mais simples, ora mais complexas, mas que geralmente implicam em consideráveis gastos com infraestrutura, energia, mão-de-obra qualificada ou especializada, equipamentos e materiais, é de vital importância a otimização das mesmas e uma adequada compatibilização com o cronograma operacional de estabelecimento de florestas clonais.

A necessidade de se produzir florestas altamente produtivas, com madeira de alta densidade, baixos teores de extrativos e outras características que se correlacionam positivamente com a qualidade do produto final, tem levado as empresas brasileiras a investimentos cada vez maiores em programas de melhoramento genético, com a utilização de técnicas como a hibridação e a clonagem.

A clonagem é considerada, mundialmente, como a maneira mais eficiente de se produzir madeira em qualidade e quantidade exigidas pelo mercado. Possibilita a produção em massa de madeira com características previamente selecionadas e assegura maior rendimento no processo de produção em todas as suas etapas. Além disso podem ser obtidos ganhos expressivos na qualidade do produto final devido à maior homogeneidade da matéria-prima.

Sabe-se que, existem características que não sofrem grandes alterações com as variações ambientais. Porém, as características de maior importância econômica são quantitativas, e pequenas variações no ambiente podem ser suficientes para provocar modificações fenotípicas significativas em volume, altura, diâmetro etc.

A altura dominante, pela facilidade de determinação a campo, por possuir boa correlação com a produção volumétrica e por ser independente da densidade do povoamento, é considerada mundialmente como o melhor indicador da capacidade produtiva do sítio.

A clonagem no meio florestal, enfim, é uma técnica altamente eficaz para viabilizar o aumento de produtividade e de qualidade de produtos florestais obtidos a partir de reflorestamento e que também desempenha um papel estratégico para a preservação do potencial de espécies arbóreas nativas.

ALGUNS ASPECTOS A SEREM CONSIDERADOS NA IMPLANTAÇÃO DE UM POVOAMENTO PARA ALTA PRODUTIVIDADE

Iniciamos com a premissa de que primeiramente é preciso planejar a implantação florestal, uma vez que esse processo é visto por especialistas como essencial para a produção florestal já que interfere diretamente nos lucros futuros e impacta diretamente socioeconomicamente a população que se encontra no entorno do reflorestamento.

A implantação de um povoamento florestal é considerada de alta relevância para o sucesso de um plantio. São consideradas como atividades de implantação desde o preparo do solo até o final dos tratamentos culturais destinados a favorecer o desenvolvimento adequado da floresta. Antes da realização dessas atividades, é necessário efetuar um planejamento confiável por meio de um diagnóstico da área, definição dos objetivos e a escolha dos procedimentos técnicos, que venham a definir como será implantado o povoamento.

O planejamento antecede a logística de implantação e caracteriza-se por definir todas as etapas/passos que compõem o desenrolar do processo. As fases podem ser apresentadas pela sequência de trabalho, iniciando-se pelo diagnóstico, definição dos objetivos e a escolha dos procedimentos técnicos que virão a ser utilizados na área. Apresentar-se-á a seguir alguns dos fatores importantes a serem analisados nessas etapas do planejamento da implantação.

O diagnóstico da área representa a primeira atividade a ser realizada, onde serão levantadas e analisadas as informações sobre a área, como a existência de mapas planialtimétricos, o histórico da área, aspectos socioeconômicos da região, características de clima, relevo, vegetação e tipos de solos, a

existência e a qualidade da malha viária, assim como a documentação do imóvel rural, se está em dia frente à legislação municipal, estadual e federal.

Após o diagnóstico da área, determinam-se os objetivos e a finalidade do plantio, nessa etapa, define-se a espécie a ser utilizada, a partir de uma análise dos aspectos ecológicos e econômicos da região. Em relação aos aspectos ecológicos, pode-se considerar como fatores determinantes o comportamento da espécie relacionada com características edafoclimáticas e mercado consumidor.

A forma do tronco e copa, características da madeira, volume médio individual, quantidade e diâmetro dos galhos, a análise de povoamentos da mesma espécie na região e da presença de zoneamentos ecológicos na região, são algumas das características a serem analisadas. Os aspectos econômicos levantados são taxa interna de retorno (TIR), valor presente líquido (VPL), razão custo/benefício e capital disponível, além do conhecimento da demanda de mercado e finalidade da madeira na região. De modo que, a partir desta análise pode-se determinar as espécies e as potenciais finalidades do plantio.

Após as duas etapas anteriormente apresentadas, determina-se como serão realizados os procedimentos técnicos, a metodologia e os equipamentos que virão a ser utilizados na rede viária, preparo de solo, espaçamento, plantio, manutenção, poda e desbaste. Tendo como resultado um cronograma das atividades que virão a serem realizadas ao longo do ciclo da floresta e uma gestão mais eficiente. As atividades como manutenção, poda e desbaste, serão apresentadas nas semanas seguintes.

Outro fator importante é a certificação florestal que está estritamente ligada com todas as atividades apresentadas anteriormente, é um processo voluntário no qual a empresa submete seus produtos e produção a testes para atestar se os mesmos seguem determinados critérios/padrões pré-estabelecidos. Ela tem como premissa que a atividade florestal seja ambientalmente adequada, protegendo e mantendo comunidades naturais e florestas de alto valor de conservação; socialmente benéficas, respeitando os direitos dos trabalhadores, comunidades e povos indígenas; e economicamente viável, construindo mercados, agregando maior valor e criando acesso equitativo aos benefícios. Existem dois sistemas mais difundidos no mundo o FSC (Forest Stewardship Council) e o PEFC (Program for the Endorsement of Forest Certification Schemes), cada um deles apresentam características específicas para que seja certificado.

Para alcançar uma produção de alta produtividade e sustentável de madeira, deve-se haver o equilíbrio dos seguintes fatores: produção de madeira; planos silviculturais e manejo; sustentabilidade ambiental; responsabilidade social e viabilidade econômica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implantação de povoamentos florestais com a utilização de espécies propagadas vegetativamente, são capazes de ofertar matéria-prima de qualidade para determinado setor produtivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Malavasi, A., Nascimento, A. S., & Carvalho, R. S. (1994). Moscas-das-frutas no MIP-Citros. In: Donadio, L. C., & Gravena, S. Manejo integrado de pragas dos citros. Campinas: Fundação Cargill, p. 211-231.
- Hartmann, H. T., Kester, D. E., Davies Jr., F. T., & Geneve, R. L. (2011) Plant propagation: principles and practices. 8th ed. New Jersey: PrenticeHall, 915p.
- Stuart-Guimarães, C. et al. (2003). Transformação genética em espécies florestais. *Ciência Florestal*, 13(1): 167- 178.
- SBS (2007). Fatos e números do Brasil Florestal. São Paulo: Sociedade brasileira de silvicultura. 109p.

Aplicação de nitrogênio nos componentes de produtividade do milho no Bioma Amazônia

Recebido em: 26/09/2022

Aceito em: 16/10/2022

 10.46420/9786581460617cap4

Marcia Everlane de Carvalho Silva¹ 

Gislayne Farias Valente^{2*} 

Daiane de Cinque Mariano¹ 

Raylon Pereira Maciel¹ 

Perlon Maia dos Santos¹ 

Cândido Ferreira de Oliveira Neto³ 

Ricardo Shigueru Okumura¹ 

INTRODUÇÃO

A elevada exigência nutricional do milho está diretamente relacionada a importância do nitrogênio em processos bioquímicos (constituente de enzimas, coenzimas e clorofila) e na manutenção fotossintética com influência no incremento das variáveis produtivas (Prado, 2021), afetando diretamente o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo do milho, assim, a demanda nutricional da planta deve ser suprida nos momentos mais críticos, para evitar perdas e onerando os custos de produção (Okumura et al., 2018).

O manejo de adubações nitrogenadas é um dos mais complexos, devido a fatores relacionados ao custo dos fertilizantes nitrogenados, decorrentes de problemas na eficiência de algumas fontes, nas quais as fontes nitrogenadas disponíveis no Brasil, a ureia e o sulfato de amônio são as mais utilizadas na cultura do milho (Lucas et al., 2019). A ureia ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$) tem sido a fonte de N (nitrogênio) mais utilizada pelos produtores de milho, principalmente devido ao menor custo do fertilizante e maior porcentagem de N ($\pm 45\%$), porém, mais sujeito a perdas por volatilização da amônia (Zhang et al., 2019). O sulfato de amônio $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ apresenta a composição de N ($\pm 21\%$) e S ($\pm 24\%$), sendo afetado pela lixiviação de nitrato (Allende-Montalbán et al., 2022), por meio da dissolução gera íons de amônio, na qual pode ser oxidado a nitrato por meio da nitrificação (SheikhI et al., 2020).

As diferentes recomendações nas doses de N estão condicionadas ao tipo de híbrido, solo, região e variações climáticas, assim, os resultados inconsistentes na eficiência de uso variam com os parcelamentos na adubação, épocas de aplicação, densidade de plantios e sistemas de cultivos. A época de aplicação é um fator importante para maior eficiência da adubação, por meio dos estádios fenológicos

¹ Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Campus Parauapebas, PA, Brasil.

² Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, MG, Brasil.

³ Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Campus Belém, PA, Brasil.

das plantas tem sido possível identificar os períodos de maior carência das plantas, permitindo a disponibilidade do nutriente no período de maior demanda pela cultura (Okumura et al., 2011).

Assim, pesquisas regionais são de grande importância, pois favorecem o uso de doses de N de melhor eficiência e garantem a racionalização dos custos e aumento na produtividade das lavouras (Bastos et al., 2008). O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos de doses e fontes de nitrogênio aplicados em cobertura em dois estádios de desenvolvimento nos componentes produtivos do milho transgênico cultivados no bioma Amazônia.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido sob condições de campo no Centro Tecnológico de Apoio à Agricultura Familiar – CETAF, em Parauapebas, Pará, localizado na região Sudeste do Estado (06° 03' 30" S e 49° 55' 15" W), a 184 m de altitude (Figura 1).

Tabela 1. Resultados da análise de solo da área experimental dos dois anos de experimento, anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018. Fonte: os autores.

Características	Ano agrícola	
	16/17	17/18
pH em Água	6,00	5,85
P (mg dm ⁻³), Mehlich ⁻¹	3,00	2,10
K ⁺ (cmolc dm ⁻³)	0,16	0,31
Ca ⁺² (cmolc dm ⁻³)	3,40	5,20
Mg ⁺² (cmolc dm ⁻³)	0,80	1,04
H ⁺ + Al ⁺³ (cmolc dm ⁻³)	2,20	2,70
Al ⁺³ (cmolc dm ⁻³)	0,00	0,00
SB (cmolc dm ⁻³)	4,36	6,97
T (cmolc dm ⁻³)	6,56	9,67
V (%)	66,46	72,10
MO (%)	3,10	3,16
Areia (g kg ⁻¹)	-	200
Silte (g kg ⁻¹)	-	294
Argila (g kg ⁻¹)	-	506

A instalação e a condução do experimento ocorreram nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018. O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2018), de textura argilosa (areia: 200 g kg⁻¹; silte: 294 g kg⁻¹; argila: 506 g kg⁻¹). Anterior a instalação dos experimentos foram coletadas amostras do solo na camada de 0 a 0,20 m, os resultados das análises químicas estão apresentados na (Tabela 1).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial 5x2x2x2, constituído de cinco doses de nitrogênio (0, 45, 90, 135 e 180 kg ha⁻¹), duas fontes de nitrogênio ureia e sulfato de amônio (CH₄N₂O e (NH₄)₂SO₄), duas épocas de aplicação (estádio fenológico V₄ e V₈ do milho) e dois anos agrícolas (2016/2017 e 2018), com quatro repetições.

O preparo de solo foi realizado de forma convencional por meio de duas arações e uma gradagem. A semeadura foi realizada em 23 de dezembro de 2016 (1^a safra) e em 30 de janeiro de 2018 (2^a safra), por meio de semeadora adubadora de quatro linhas individuais sendo semeado o híbrido transgênico *Bt e RR*, ciclo normal e uso pra silagem e grãos. Para a adubação de sulco foram aplicados 240 kg ha⁻¹ do NPK (09-25-15), conforme recomendação de Brasil et al. (2020). A aplicação do N em cobertura ocorreu em duas períodos, aos 20 dias após a semeadura (DAS) no estágio fenológico V₄ do milho, e aos 36 DAS no estágio fenológico V₈ (Ritchie et al., 1993).

A colheita foi realizada aos 102 DAS, de forma manual, sendo amostradas dez espigas por parcela experimental para avaliação do comprimento de espiga (mensurando desde a base ao ápice das espigas, por meio de fita métrica); diâmetro de espiga (com leitura da espessura das espigas por um paquímetro digital) e do número de fileira por espiga e número de grãos por fileira por meio de contagem simples (Souza et al., 2022). Para a análise da massa de mil grãos e produtividade de grãos, cada parcela foi debulhada separadamente e pesada, para a variável massa de mil grãos foram amostradas cinco repetições de 1000 grãos escolhidos ao caso do montante dos grãos de cada parcela experimental. A umidade dos grãos foi obtida por meio de um determinador de umidade digital, com posterior correção para 13%, e o valor extrapolado para hectare (kg ha⁻¹) (Okumura et al., 2018).

Inicialmente, os dados experimentais, de cada ano agrícola, foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilks ($p > 0,01$) e de Levene ($p > 0,01$), para verificação da normalidade e homocedasticidade residuais, respectivamente. Posteriormente, havendo atendido as pressuposições, de modo individual em cada ano agrícola, realizou-se a análise de variância para as médias dos tratamentos ($p < 0,05$), por meio do software estatístico SISVAR (Ferreira, 2019). Os efeitos das doses de N aplicados em cobertura foram estudados mediante análise de regressão polinomial, observando-se os resultados do teste F ($p < 0,05$) da análise de variância e do teste t de Student ($p < 0,05$), para os coeficientes de determinação. Para os efeitos das fontes de N e épocas de aplicação foram estudados pelo teste F, a 5% de probabilidade, que para dois níveis de fator é conclusivo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As precipitações ocorridas nos dois experimentos (2016/2017 e 2018) foram consideradas superior a necessidade da cultura, apesar de haver distribuição desuniforme ao longo do ciclo, o desempenho produtivo da cultura não foi afetado por déficit hídrico no solo (Figura 2), uma vez que a exigência hídrica do milho pode variar entre 410 e 640 mm (Fornasier Filho, 2007). O déficit hídrico

pode causar danos à produção por área se ocorrer no período do florescimento, afetando diretamente a produção de grãos (Penariol, 2003).

Tabela 2. Resumo da análise de variância coeficiente de variação experimental e média geral envolvendo cinco doses de N, duas fontes de N, duas épocas de aplicação e dois anos agrícolas para comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), número de fileira por espiga (NFP), número de grãos por fileira (NGF), massa de mil grãos (MMG) e produtividade de grãos (PROD). Fonte: os autores.

FV	Quadrados Médios												
	GL	CE		DE		NFE		NGF		MMG		PROD	
Doses (D)	4	1,40	n.s.	0,003	n.s.	0,553	n.s.	5,58	n.s.	410,00	*	1806087,87	*
Fonte (F)	1	0,17	n.s.	0,0004	n.s.	0,168	n.s.	2,7	n.s.	0,20	n.s.	95015,83	n.s.
Época (E)	1	0,78	n.s.	0,002	n.s.	2,976	*	1,16	n.s.	5895,97	*	6006049,76	*
Anos (A)	1	189,35	*	0,49	*	7,252	*	854,4	*	2406,48	*	135909854,74	*
D * F	4	0,89	n.s.	0,004	n.s.	0,114	n.s.	2,06	n.s.	6,41	n.s.	630450,02	n.s.
D * E	4	0,72	n.s.	0,002	n.s.	0,403	n.s.	2,89	n.s.	408,92	*	1487984,88	*
D * A	4	0,56	n.s.	0,004	n.s.	0,005	n.s.	3,61	n.s.	396,43	*	1765414,90	*
F * E	1	1,41	n.s.	0,001	n.s.	0,08	n.s.	5,72	n.s.	28,71	n.s.	644285,09	n.s.
F * A	1	0,01	n.s.	0,0003	n.s.	0,004	n.s.	0,07	n.s.	322,29	n.s.	43932,05	n.s.
E * A	1	7,84	*	0,0001	n.s.	3,104	*	8,32	n.s.	2528,72	*	7056813,05	*
D * F * E	4	0,26	n.s.	0,002	n.s.	0,242	n.s.	2,89	n.s.	154,25	n.s.	41070,60	n.s.
D * F * A	4	0,16	n.s.	0,005	n.s.	0,102	n.s.	0,36	n.s.	156,47	n.s.	306336,84	n.s.
D * E * A	4	1,92	*	0,001	n.s.	0,128	n.s.	6,15	n.s.	327,63	n.s.	2538652,14	*
F * E * A	1	0,83	n.s.	0,005	n.s.	0,002	n.s.	1,45	n.s.	36,06	n.s.	782785,69	*
D * F * E * A	4	0,08	n.s.	0,002	n.s.	0,473	n.s.	1,16	n.s.	238,48	n.s.	356693,30	n.s.
Blocos	2	1,76	n.s.	0,002	n.s.	0,829	n.s.	1,88	n.s.	52,28	n.s.	1830836,72	*
Resíduo	78	0,56		0,002		0,352		2,96		144,52		443458,60	
Média Geral		15,78		5,06		16,80		34,17		326,52		9953,89	

* Significativo ($p < 0,05$); n.s. - não-significativo ($p < 0,05$), pelo teste F.

Na análise conjunta apresentada na Tabela 2 evidenciou que apenas o fator ano agrícola testado de maneira isolada foi significativo para as variáveis avaliadas. As condições edafoclimáticas que podem alterar de um ano agrícola para outro, além disso, o manejo do solo tais como, intensa utilização dos solos, compactação superficial e subsuperficial causadas por implementos agrícolas, prática de sistema de cultivo convencional podem diminuir a fertilidade dos solos e a produtividade da cultura.

A desestruturação do solo, a compactação e a redução nos teores de matéria orgânica são considerados os principais indutores da degradação dos solos agrícolas (Kluthcouski et al., 2000). O sistema de preparo do solo influencia na distribuição do N no perfil do solo, assim, normalmente os sistemas de preparo convencional, que promovem intensas movimentações do solo apresentam menores acúmulos do nutriente na camada superficial (Von Pinho et al., 2008).

Pelas informações da Tabela 2, verificou que apenas a massa de mil grãos e a produtividade de grãos foi significativo, independentemente, da fonte utilizada ser ureia ou sulfato de amônio (Tabela 2). Carmo et al. (2012), avaliando os efeitos das fontes e doses de N aplicados em cobertura no desenvolvimento e produtividade da cultura do milho doce verificaram que a adubação nitrogenada respondeu positivamente, independentemente da fonte de N utilizada, o que reforça que a época de adubação combinado com doses de N são fatores de suma importância para obter maiores produtividades no milho.

Considerando que a ureia aplicada na superfície do solo proporciona uma baixa eficiência de aproveitamento de N pelo milho, em decorrência de perdas por volatilização da amônia, possivelmente, a substituição parcial ou total por sulfato de amônio aumente a eficiência da adubação nitrogenada em cobertura, contribuindo para que os ganhos em produtividade ocorram em doses menores de N aplicado (Oliveira; Caires, 2003).

As variáveis comprimento de espiga, diâmetro de espiga, número de fileiras por espiga e número de grãos por fileiras não foram influenciadas pelo aumento nas doses de N nas condições experimentais (Tabela 2). Belasque Júnior (2000) avaliando doses e épocas de aplicação de N em dois híbridos de milho observou que às variáveis número de fileiras por espigas e números de grãos por fileiras só foram influenciadas pela diferença entre os híbridos.

O diâmetro de espiga está estreitamente relacionado com enchimento de grãos e número de fileiras de grãos por espiga, que também é influenciada pelo genótipo (Ohland et al., 2005). Diversos trabalhos citam pouca influência do ambiente sobre essas variáveis, sendo atribuído às variações pelo híbrido utilizado (Fernandes et al., 2005; Lopes et al., 2007; Simão et al., 2018).

Na Tabela 2, verificou que ao analisar o fator época de forma isolada o resultado foi significativo para o número de fileiras por espigas, massa de mil grãos e produtividade de grãos. Resultados contrários foram encontrados por Silva et al. (2005), onde testando 6 épocas de aplicação de N na cultura do milho em plantio direto, não observaram influência das diferentes épocas sobre as variáveis número de fileiras por espiga e massa de mil grãos. O número de fileiras de grãos é definido no estágio fenológico V_8 , assim é de extrema necessidade, que o nitrogênio esteja disponível neste período, em que ocorre a maior demanda da planta (Fancelli & Dourado Neto, 2000).

No que se refere à massa de mil grãos foi observado efeito das interações doses de N e épocas de aplicação e doses de N e anos de cultivo (Tabela 2). No desdobramento dose dentro de época, verificou ajuste linear para o estágio V_4 . Assim, a aplicação da dose máxima (180 kg de N ha^{-1}) não foi suficiente para atingir a máxima MMG com aplicação do N no estágio fenológico V_4 (Figura 3). Entretanto, no estágio fenológico V_8 não foi observado efeito significativo, com média de 333,65 g. Okumura (2012), em seu trabalho observou efeito linear crescente na aplicação em cobertura de doses de N no estágio fenológico V_4 analisando conversão do N foliar para açúcares totais nos grãos.

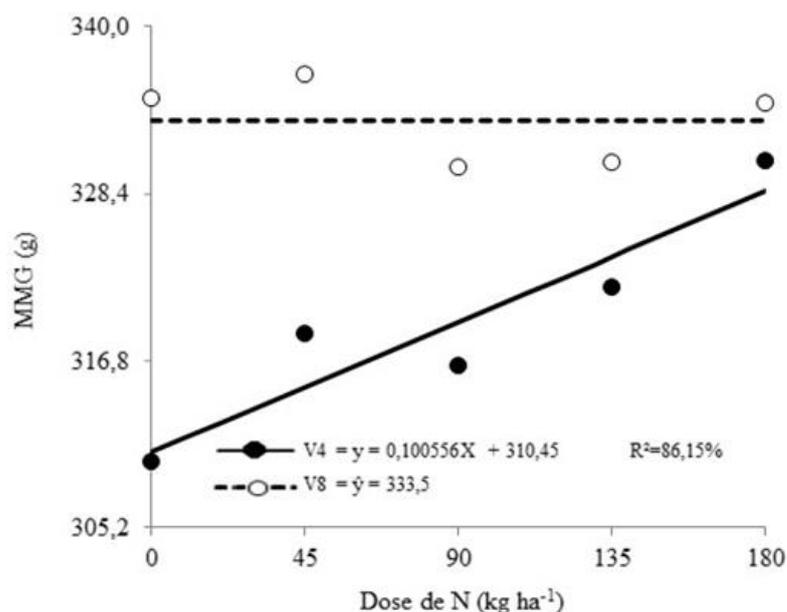


Figura 1. Massa de mil grãos de espiga de milho em função das doses de N aplicado em cobertura nos estádios fenológicos V4 e V8. Médias das fontes (ureia e sulfato de amônio) em duas safras agrícolas (2016/2017 e 2017/2018). Fonte: os autores.

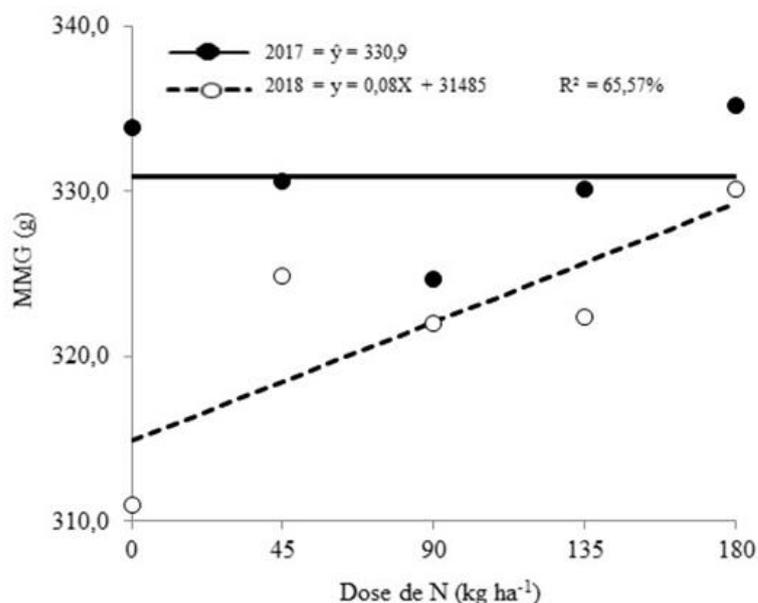


Figura 2. Massa de mil grãos de espiga de milho em função das doses de N aplicado em cobertura nos anos agrícolas de 2016/2017 e 2018. Médias das fontes (ureia e sulfato de amônio) em dois estádios fenológicos (V4 e V8). Fonte: os autores.

Para o fator dose dentro de ano houve ajuste linear para a massa de grãos no ano de 2018, verificou que o aumento das doses de N aumentou significativamente a massa de grãos das espigas cultivadas, independente da época de aplicação do N. As médias similares encontradas no cultivo do ano de 2017 evidenciaram que não houve efeito significativo para a aplicação de doses de N (Figura 4).

A massa de grãos é um componente que contribui diretamente com a produtividade de grãos, podendo estar relacionado a maiores teores de N nas folhas, favorecendo um maior enchimento de grão (Biscaro et al., 2011). Isso pode ser explicado pela maior atividade fotossintética das plantas promovida pelas doses de N garantindo maior acúmulo de carboidratos (Goes et al., 2014).

Para o componente produtividade de grãos observou efeito significativo para as interações doses de N e épocas de aplicação e doses de N e anos agrícolas (Tabela 2). Por meio dos desdobramentos, verificou que a produtividade de grãos apresentou melhor ajuste para a equação linear com o aumento das doses de N, obtendo-se aproximadamente, 10.500 kg ha⁻¹ com a dose máxima de 180 kg ha⁻¹ de N aplicada no estágio fenológico V₄, não havendo efeito significativo para a aplicação no estágio V₈ (Figura 5).

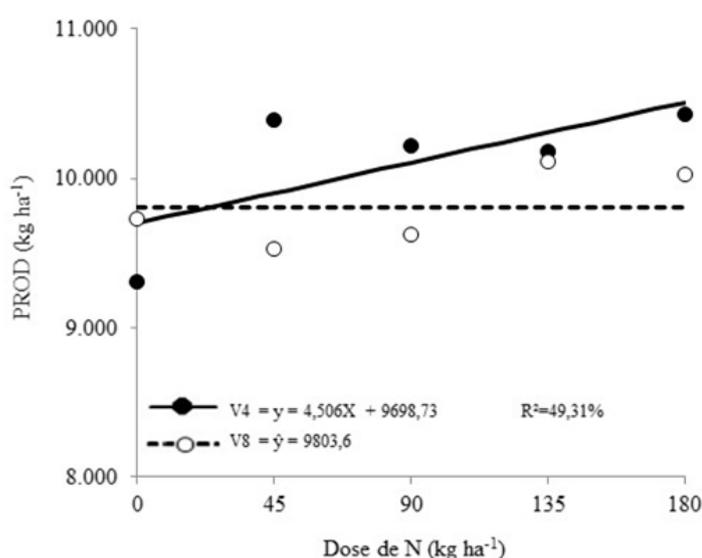


Figura 3. Produtividade de milho em função das doses de N aplicado em cobertura nos estádios fenológicos V₄ e V₈. Médias das fontes (ureia e sulfato de amônio) de duas safras agrícolas (2016/2017 e 2018). Fonte: os autores.

Resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2005), avaliando épocas de aplicação de N verificaram maiores produtividades (7.165 kg ha⁻¹) com a aplicação do N no estágio fenológico V₄. Segundo estes mesmos autores, o fornecimento do N no período inicial da cultura favoreceu o rendimento de grãos, possivelmente pela ocorrência de imobilização do nutriente na fase inicial, deixando o nutriente prontamente disponível para os demais estádios.

A produção mais elevada (11.018,12 kg ha⁻¹) foi obtida na safra de 2016/2017 (Figura 6). No entanto, o uso das doses de N não promoveu acréscimos significativos na primeira safra, visto que a testemunha apresentou médias semelhantes aos demais tratamentos. A alta produtividade da testemunha pode estar relacionada com a disponibilidade do nitrogênio na sementeira e por meio da mineralização da matéria orgânica.

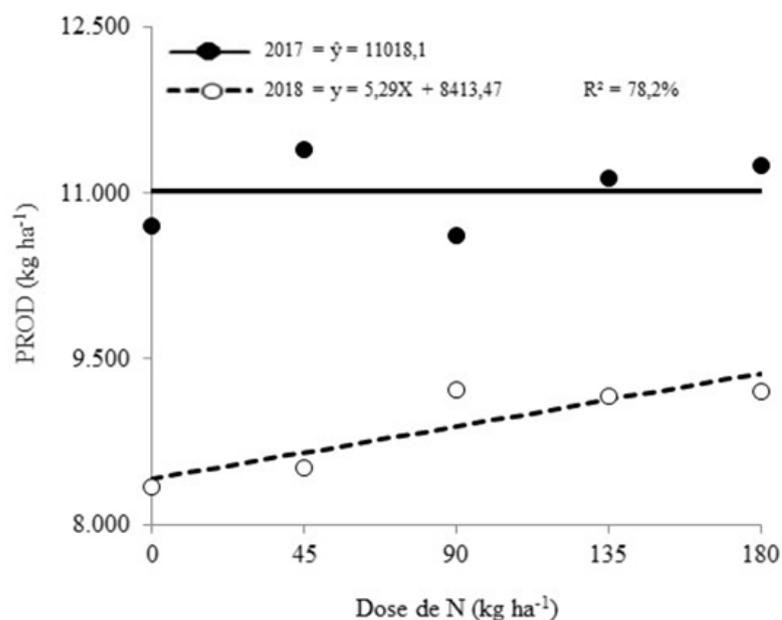


Figura 4. Produtividade de milho em função das doses de N aplicado em cobertura nos anos agrícolas de 2016/2017 e 2018. Médias das fontes (ureia e sulfato de amônio) em dois estádios fenológicos (V4 e V8). Fonte: os autores.

No ano agrícola de 2018 a produtividade de grãos apresentou efeito linear com o uso das doses de N, mesmo com o decréscimo em produção comparativamente ao ano anterior, foi alcançada uma produtividade de 9.365,67 kg ha⁻¹ com aplicação da dose de 180 kg ha⁻¹ de N. O nitrogênio é extremamente necessário para o bom rendimento da cultura do milho, entretanto, o desempenho da cultura para obtenção de altas produtividades depende das doses fornecidas na adubação, para uma produtividade de 9.000 kg⁻¹, podem ser necessários até 190 kg ha⁻¹ de N (Lange, 2006).

A variação na produtividade de aproximadamente 1.700 kg ha⁻¹, entre as safras agrícolas pode estar relacionada as diferenças pontuais na distribuição do regime hídrico ao longo do período de desenvolvimento da cultura (Figura 2), a precipitação total ocorrida no ano de 2016/2017 foi de 977,2 mm em comparação ao ano de 2018 que apresentou cerca de 1.210,55 mm.

CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada proporciona acréscimos significativos na massa de mil grãos e produtividade de grãos. A dose máxima de 180 kg ha⁻¹ de N, independente da fonte utilizada, ureia ou sulfato de amônia, promove maior peso de grãos e maior produtividade de grãos com aplicação do N em cobertura no estágio fenológico V₄.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allende-Montalbán, R., Martín-Lammerding, D., Delgado, M. M., Porcel, M. A., & Gabriel, J. L. (2022). Nitrate leaching in maize (*Zea mays* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) irrigated cropping systems

- under nitrification inhibitor and/or intercropping effects. *Agriculture*, 12: 1-18. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture12040478>
- Bastos, E. A., Cardoso, J. M., Melo, F. B., Ribeiro, V. Q., & Andrade Júnior, A. S. (2008). Doses e formas de parcelamento de nitrogênio para a produção de milho sob plantio direto. *Revista Ciência Agronômica*, 39: 275-280.
- Belasque Júnior, J. (2000). Doses e épocas de aplicação de nitrogênio sobre dois híbridos de milho cultivados na “safrinha”. Dissertação, UNESP, Jaboticabal, São Paulo, Brasil.
- Biscaro, G. A., Motomiya, A. V. A., Ranzi, R., Vaz, M. A. B., Prado, E. A. F., & Silveira, B. L. R. (2011). Desempenho do milho safrinha irrigado submetido a diferentes doses de nitrogênio via solo e foliar. *Revista Agrarian*, 4: 10-19.
- Brasil, E. C., Cravo, M. S., & Viégas, I. J. M. (2020). Recomendações de calagem e adubação para o estado do Pará: (2a ed) Brasília: Embrapa.
- Carmo, M. S., Cruz, S. C. S., Souza, E. J., Campos, L. F. C., & Machado, C. G. (2012). Doses e fontes de nitrogênio no desenvolvimento e produtividade da cultura de milho doce (*Zea mays* convar. *saccharata* var. *rugosa*). *Bioscience Journal*, 28: 223-231.
- da Silva, E. C., Buzetti, S., Guimarães, G. L., Lazarini, E., & Sá, M. E. (2005). Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo vermelho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29: 353-362. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832005000300005>
- EMBRAPA (2018). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos: (5a ed). Brasília: Centro Nacional de Pesquisa de Solos.
- Fancelli, A. L., & Dourado Neto, D. (2000). Produção de milho. Guaíba: Agropecuária.
- Fernandes, F. C. S., Buzetti, S., Arf, O., & Andrade, J. A. C. (2005). Doses, eficiência e uso de nitrogênio por seis cultivares de milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 4: 195-204. DOI: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v4n02p%25p>
- Ferreira, D. F. (2019). Sisvar: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Revista Brasileira de Biometria*, 37: 529-535. DOI: <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>
- Fornasieri Filho, D. (2007). Manual da cultura do milho. Jaboticabal: Editora Funep.
- Goes, R. J., Rodrigues, R. A. F., Takasu, A. T., & Arf, O. (2014). Fontes e doses de nitrogênio em cobertura para a cultura do milho em espaçamento reduzido. *Revista Agrarian*, 7: 257-263.
- Kluthcouski, J., Fancelli, A. L., Dourado Neto, D., Ribeiro, C. M., & Ferraro, L. A. (2000). Manejo do solo e o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. *Scientia Agricola*, 57: 97-104. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162000000100016>
- Lange, A. (2006). Manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho após cultivo da soja em sistema semeadura direta no cerrado. Tese, UNESP, Piracicaba, SP, Brasil.

- Lopes, J. S., Lúcio, A. D., Storck, I., Damo, H. P., Brum, E., & Santos, V. J. D. (2007). Relações de causa e efeito em espigas de milho relacionadas aos tipos de híbridos. *Ciência Rural*, 37: 1536-1542. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782007000600005>
- Lucas, F. T., Borges, B. M. M. N., & Coutinho, E. L. M. (2019). Nitrogen fertilizer management for maize production under tropical climate. *Agronomy Journal*, 111: 2031-2037. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2018.10.0665>
- Ohland, R. A. A., Souza, L. C. F., Hernani, L. C., Marchetti, M. E., & Gonçalves, M. C. (2005). Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. *Ciência e Agrotecnologia*, 29: 538-544. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542005000300005>
- Okumura, R. S. (2012). Aspectos fitotécnicos e nutricionais do milho doce em função de doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura. Tese, UEM, Maringá, Paraná, Brasil.
- Okumura, R. S., Mariano, D. C., & Zaccheo, P. V. C. (2011). Uso de fertilizante nitrogenado na cultura do milho: uma revisão. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias*, 4: 226-244. DOI: <https://doi.org/10.5777/PAeT.V4.N2.13>
- Okumura, R. S., Mota, F. F. A., Ferraz, Y. T., Mariano, D. C., Oliveira Neto, C. F., Viegas, I. J. M., Vieira, A. L. M., Brito, A. E. A., Franco, A. A. N., & Pedroso, A. J. S. (2018). Corn hybrids response to nitrogen rates at multiple locations in Brazilian Amazon. *Journal of Agricultural Science*, 10: 233-242. DOI: <https://doi.org/10.5539/jas.v10n12p233>
- Oliveira, J. M. S., & Caires, E. F. (2003). Adubação nitrogenada em cobertura para o milho cultivado após aveia preta no sistema plantio direto. *Acta Scientiarum Agronomy*, 25: 351-357. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v25i2.1926>
- Penariol, F. G., Fornasieri Filho, D., Coicev, L., Bordin, L., & Farinelli, R. (2003). Comportamento de cultivares de milho semeadas em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais, na safrinha. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 2: 52-60. DOI: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v2n02p%25p>
- Prado, R. M. (2021). Mineral nutrition of tropical plants. Springer Nature.
- Ritchie, S. W., Hanway, J. J., & Benson, G. O. (1993). How a corn plant develops: (Special report, 48). Ames: Iowa State University of Science and Technology.
- Sheikhi, J., Hosseini, H. M., Etessami, H., & Majidi, A. (2020). Nitrification and abundance of nitrifier bacterial as effected by inhibitor 3,4-Dimethylpyrazole phosphate (DMPP) in five different soils. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 9: 25-46. DOI: <https://doi.org/10.22069/EJSMS.2020.16310.1874>
- Simão, E. P., Resende, A.V., Gontijo Neto, M. M., Borghi, E., & Vanin, A. (2018). Resposta do milho safrinha à adubação em duas épocas de semeadura. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 17: 76-90. DOI: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v17n1p76-90>

- Souza, L. C., Monteiro, G. G. T. N., Marinho, R. K. M., Souza, E. F. L., & Oliveira, S. C. F., Ferreira, A. C. S., Oliveira Neto, C. F., Okumura, R. S., & Silva, G. P. (2022). Growth and physiology of maize plants subjected to water deficit and to different brassinosteroid and *Azospirillum* concentrations. *Australian Journal of Crop Science*, 16: 357-364. DOI: <https://doi.org/10.21475/ajcs.22.16.03.p3381>
- Von Pinho, R. G., Gross, M. R., Steola, A. G., & Mendes, M. C. (2008). Adubação nitrogenada, densidade e espaçamento de híbridos de milho em sistema plantio direto na região sudeste do Tocantins. *Bragantia*, 67: 733-739. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052008000300023>
- Zhang, W., Liang, Z., He, X., Wang, X., Shi, X., Zou, C., & Chen, X. (2019). The effects of controlled release urea on maize productivity and reactive nitrogen losses: A meta-analysis. *Environmental Pollution*, 246: 559-565. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.12.059>

Produção de biocarvão e sua influência na fertilidade do solo, crescimento e produção de pimentão verde

Recebido em: 14/10/2022

Aceito em: 17/20/2022

 10.46420/9786581460617cap5

Beatriz Gomes da Silva¹ 

Josely Dantas Fernandes² 

Yuri dos Santos Silva³ 

Lúcia Helena Garófalo Chaves^{4*} 

Antonio Fernandes Monteiro Filho⁵ 

Elida Barbosa Correa⁶ 

INTRODUÇÃO

O pimentão (*Capsicum annuum* L.), pertencente à família das solanáceas, é uma das hortaliças mais importantes do mercado brasileiro, tanto em valor quanto em volume comercializado (Souza et al., 2018). Esta hortaliça possui alto valor nutricional, sendo rico em vitamina E e C, esta última atua como antioxidante e é encontrada em altos teores, chega a 1,5 g por 100 g de massa seca, contém, ainda, em sua composição, vitaminas A, B1 e B2 e minerais como o Ca, Fe e P, além de uma baixa quantidade de proteínas e calorias (Filgueira, 2013). É consumida na forma de frutos verdes, maduros e industrializados na forma de pó (Silva et al., 2014).

O pimentão é muito exigente quanto às características químicas e físicas do solo, com boa resposta à adubação, obtendo considerável rendimento quando cultivada com a combinação de fertilizantes orgânicos e minerais (Sediyama et al., 2009). Um dos principais obstáculos para o cultivo do pimentão é o declínio da fertilidade do solo devido ao uso intensivo da terra sem o esforço de devolução do material orgânico. Portanto, os esforços para restaurar a fertilidade do solo com matéria orgânica são essenciais no cultivo do pimentão.

No estado da Paraíba, devido à importância econômica da avicultura, uma considerável quantidade de resíduo (cama de aviário) é gerada. Este resíduo pode ser reciclado por compostagem ou por incorporação direta ao solo, no entanto, estas práticas podem resultar em uma rápida decomposição e liberação de nutrientes, emissões de gases de efeito estufa (CO₂) e a necessidade de adições anuais de

^{1,2,5} Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Campina Grande – PB.

^{3,4} Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Campina Grande – PB.

⁶ Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Campina Grande – PB.

*Autora correspondente: lhgafalo@hotmail.com

material orgânico ao solo para manter a fertilidade (Severino et al., 2005). Uma abordagem alternativa que pode ser mais sustentável é a conversão de resíduos em biocarvão e, em seguida, utilizá-lo como condicionador de solo (Kamara et al., 2015).

Biocarvão é um produto sólido rico em carbono feito a partir de biomassa vegetal ou animal por meio do processo de pirólise em um ambiente com limitação de oxigênio (Singh et al., 2010; Lehmann et al., 2011). Estima-se, dependendo do tipo e das condições de produção, que o biocarvão permanece no solo por vários anos (Zimmerman, 2010; Lehmann, 2007). Isso ocorre porque a forma estável do carbono presente no biocarvão apresenta predominância de estrutura aromática resistente à decomposição (Baldock; Smernik, 2002; Amonette; Joseph, 2009). Assim, o uso de biocarvão como condicionador irá conferir propriedades ao solo com efeitos mais duradouros se comparada a biomassa in-natura (Tito et al., 2021).

No contexto da aplicação, o uso de biocarvão em solos pode contribuir para um aumento no pH do solo e na capacidade de troca catiônica (Beesley et al., 2011; Bozzolo et al., 2017, Mendes et al., 2021a), o que geralmente teria benefícios na germinação e no rendimento das plantas (Glaser et al., 2002). Segundo Sikder e Joardar (2019), avaliando o crescimento visual de espinafre aquático (*Ipomoea aquatica*) sob solo tratado com cama de aviário compostado (CCA) e biocarvão de cama de aviário (BCA), observaram que o crescimento das plantas aumentou gradativamente com o aumento da taxa de aplicação de CCA e BCA. Contudo, o crescimento médio (altura e biomassa) das plantas cultivadas com BCA foi significativamente maior quando comparado a aplicação de CCA. Achados semelhantes também foram relatados por Bhattarai et al. (2015) cultivando ervilha com a aplicação de 10 t ha⁻¹ de BCA. Em um experimento realizado em vaso com a cultura do arroz, em relação ao tratamento controle, o uso de 20 g de BCA por kg⁻¹ de solo promoveu aumento na altura da planta (Maru et al., 2015). Avaliando a fitomassa de mudas de melão sob doses de biocarvão de cama de aviário, Laurentino et al. (2021), concluíram que a utilização do biocarvão de cama de aviário no substrato constitui uma alternativa viável para o desenvolvimento de mudas de melão. A aplicação de biocarvão de cama de aviário também promoveu aumento nos teores foliares de N, P e K, resultando em melhorias no estado nutricional das plantas de milho (Mendes et al., 2021b).

O uso de biocarvão para melhorar as propriedades físico-químicas do solo e a produtividade das colheitas atraiu o interesse de pesquisadores, formuladores de políticas e agricultores em todo o mundo, estando recentemente no centro de várias pesquisas. No Brejo Paraibano, a cultivar Yolo Wonder (verde) é a mais cultivada, possuindo alta aceitabilidade e valor de mercado. Embora a própria cama de aviário tenha sido usada como fertilizante orgânico, na literatura são escassos os trabalhos relacionando o cultivo de pimentão com doses de biocarvão de cama de aviário. Sendo assim, esforços para aumentar a produção do pimentão em solos de baixa fertilidade com o uso de biocarvão, incrementando a renda do agricultor, são sempre importantes.

De acordo com o exposto, objetivou-se com a realização deste estudo produzir e caracterizar quimicamente um biocarvão de cama de aviário utilizando forno do tipo “tambor duplo”, como também, avaliar a influência deste biocarvão nas propriedades químicas do solo e no crescimento e produção de pimentão verde.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em condições de campo na área experimental pertencente ao Departamento de Agroecologia e Agropecuária do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA), Campus II da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Lagoa Seca, Paraíba, Brasil. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo tropical chuvoso, com estação seca no verão (Diniz et al., 2014). Amostras de solo foram coletadas e encaminhadas ao Laboratório de Irrigação e Salinidade LIS/UFCG para caracterização química (Donagemma et al., 2011), cujos resultados foram: pH = 6,25; P = 9,3 mg dm⁻³; matéria orgânica = 12,45 g dm⁻³. E em Cmol_c dm⁻³: Ca = 2,77; Mg = 1,50; Na = 0,06; K = 0,33; H + Al = 1,33 e CTC = 5,99. A densidade aparente do solo é 1,3 kg dm⁻³.

Preparo e caracterização do biocarvão de cama de aviário (BCA)

A cama de aviário utilizada no preparo do biocarvão foi coletada no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, CAMPUS II, UEPB. O biocarvão foi produzido neste mesmo centro utilizando forno artesanal do tipo “tambor duplo” (Figura 1A) (Guerra, 2014). Para o processo de pirólise, utilizou-se recipientes de ferro de 20 L onde foram acomodados a cama de aviário (Figura 1B), termômetro para acompanhar a variação da temperatura no interior do forno (Figura 1C) e lenha de sabiá para a queima.



Figura 1. Forno do tipo “tambor duplo” (A), recipiente de 20L (B) e termômetro (C).

Amostras da cama de aviário e do BCA foram caracterizadas quimicamente segundo metodologia proposta por (BRASIL, 2014).

Influência do BCA na fertilidade do solo

Para avaliar o efeito do biocarvão nas propriedades químicas do solo, utilizou-se o método de incubação, em que inicialmente as amostras de solo (coletadas na área experimental) e biocarvão foram passadas por uma peneira de 10 malhas (2 mm); em seguida, as amostras de solo de 1,0 kg foram colocadas em sacos plásticos (parcelas experimentais), misturados ao biocarvão de acordo com os tratamentos (0; 1,15; 2,30; 3,45 e 4,60 g, correspondentes a 0; 3,0; 6,0; 9,0 e 12,0 t ha⁻¹, respectivamente) e incubados por 100 dias com água deionizada a cerca de 60% da capacidade de campo. Ao término do experimento, amostras de solo de cada parcela foram coletadas e caracterizadas quimicamente (Donagemma et al., 2011). O experimento de incubação foi conduzido utilizando o delineamento inteiramente casualizado com três repetições.

CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO PIMENTÃO VERDE ADUBADO COM BCA***Delineamento Experimental***

O experimento foi conduzido em blocos casualizados (DBC) com seis tratamentos, sendo cinco doses de biocarvão (0; 3,0; 6,0; 9,0 e 12,0 t ha⁻¹ o que correspondeu a uma aplicação de 0; 34,61; 69,22; 103,83 e 138,44 g por planta) e uma adubação mineral (em fundação: 30, 120 e 20 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, e em cobertura: 90 e 20 kg ha⁻¹ de N e K₂O, respectivamente, na forma de sulfato de amônio, superfostato simples e cloreto de potássio), com três repetições. Para evitar o uso direto na área, as plantas adubadas com a adubação mineral foram plantadas em recipientes plásticos de 20L.

A cultura utilizada no experimento foi o pimentão Yolo Wonder (pimentão verde). Cada parcela foi constituída por três plantas.

Instalação e condução do experimento

As mudas de pimentão foram preparadas em bandejas de isopor, sendo distribuídas três sementes por célula. O substrato utilizado para o enchimento das bandejas foi o húmus de minhoca. O plantio foi realizado no espaçamento de 1,0 m x 0,45 m em leirões de 8,1 m de comprimento, 0,4 m de altura e distanciadas 1,0 m entre si. Quando as mudas apresentaram seis folhas definitivas, realizou-se o desbaste deixando-se 1 planta por cova.

O sistema de irrigação utilizado foi o gotejamento, um gotejador por planta, modelo Katif, com vazão unitária de 3,75 L h⁻¹. A lâmina de irrigação foi aplicada com frequência diária, com quantificação a partir de leituras de evaporação do Tanque Classe A e das precipitações no período, adotando-se um coeficiente de tanque (K_p) igual a 0,75 (Doorenbos e Pruitt, 1975). Para o cálculo da ET_c, utilizou-se a Equação (1), aplicada para sistema de irrigação localizado (Pizarro, 1996):

$$ET_c = ET_0 \times K_c \times K_L \quad (1)$$

Em que: ET_c - evapotranspiração da cultura, mm dia^{-1} ; ET_0 - evapotranspiração de referência, mm dia^{-1} ; k_c - coeficiente de cultivo, adimensional; k_L - coeficiente de localização.

Durante toda a condução do experimento, todos os tratamentos foram irrigados com a mesma lâmina (100% da ET_c). A água utilizada na irrigação foi captada de um açude próximo da área experimental.

A fim de auxiliar na sustentação das plantas, montou-se um sistema de tutoramento, amarrando a planta a um piquete instalado ao lado da mesma (Figura 2). A fim de manter a umidade do solo, aplicou-se uma cobertura morta de bagaço de cana-de-açúcar (Figura 2).

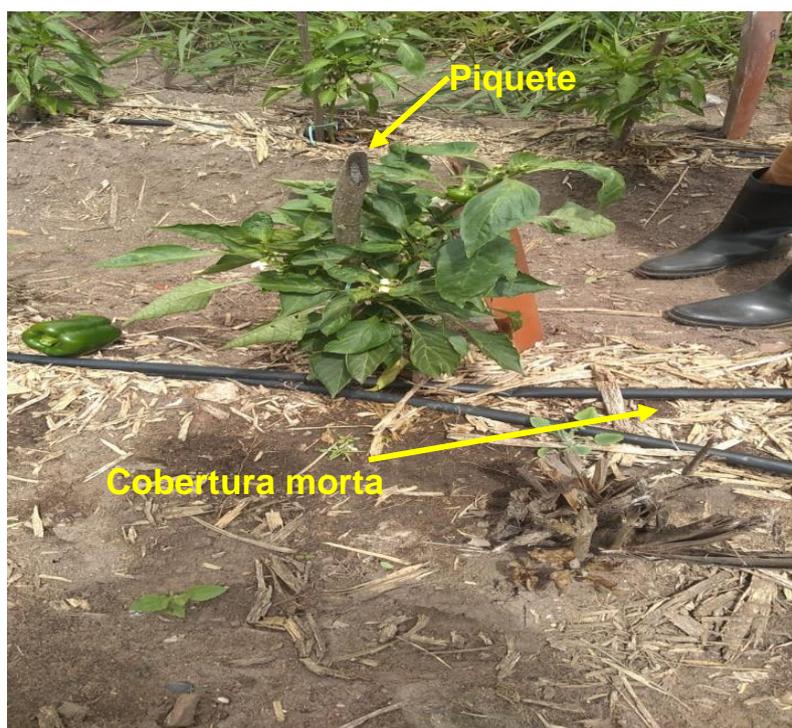


Figura 2. Tutoramento e cobertura morta utilizada na condução do experimento.

A cultura foi mantida livre de ervas invasoras, por meio de capinas realizadas com uso da enxada manual. Para o controle de moscas-brancas (*Bemisia tabaci*) e pulgões (*Macrosiphum euphobiae*) que incidiram no cultivo, aplicou-se óleo de neem diluído a 5% em água e aplicado via pulverização foliar.

Variáveis Agronômicas de crescimento e produção

As variáveis de crescimento e produção foram determinadas considerando apenas uma planta útil por parcela. A altura da planta foi determinada medindo-se a distância vertical entre a superfície do solo e o ápice da planta, com auxílio de uma régua. Para a determinação do diâmetro do caule utilizou-se um paquímetro digital, na altura do solo. A área foliar foi determinada utilizando-se a equação (2) de Tivelli et al. (1997).

$$AF = K + L + C \quad (2)$$

onde K corresponde ao coeficiente de correlação de valor 0,60; L à largura da folha e C ao comprimento.

Para a determinação da área foliar total da planta, a área foliar unitária foi multiplicada pelo número de folhas presentes na planta. Também foram avaliadas a produção de matéria seca da planta inteira (menos raízes) e a produtividade de frutos. Todas as variáveis foram determinadas durante o surgimento da última frutificação.

Análise estatística

Uma vez atendidos os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias pelos testes de Shapiro-Wilk e Cochran e Bartlett, respectivamente, os resultados obtidos para fertilidade do solo, crescimento e produção do pimentão foram submetidos à análise de variância e de regressão. Os contrastes (doses de biocarvão *versus* o tratamento adubação mineral) entre as médias foram avaliados pelo teste "F" (5 % de probabilidade) e comparadas pelo teste t. Os dados de fósforo no solo não seguiram as pressuposições dos testes para serem submetidos à ANOVA, portanto as médias foram comparadas pela estatística não paramétrica de Kruskal e Wallis. O software estatístico utilizado neste trabalho foi o SISVAR 5.4 (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção e caracterização química do biocarvão de cama de aviário (BCA)

Durante a pirólise da cama de aviário em “forno duplo”, a temperatura no interior do forno aumentou rapidamente, alcançando 300°C em 10 min e manteve-se elevada e praticamente constante em 492,5°C entre o intervalo de tempo de 90 a 240 min. A temperatura máxima observada durante o processo de pirólise correspondeu a 500°C (Figura 3).

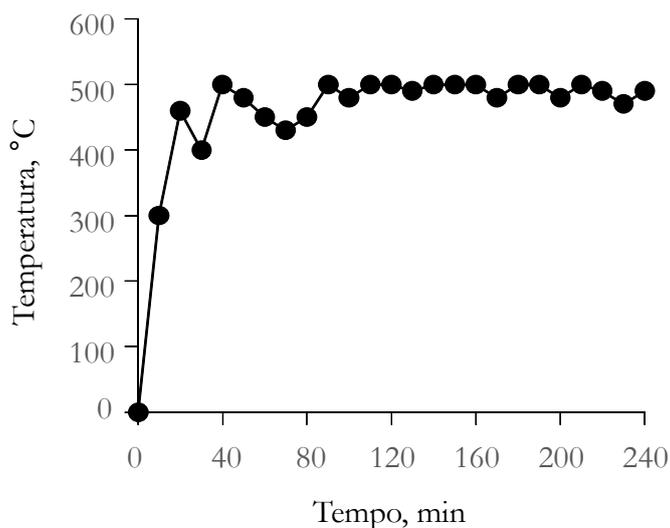


Figura 3. Temperatura registrada durante o processo de pirólise da cama de aviário em forno do tipo “forno duplo”.

Ainda com relação a Figura 3, verifica-se que 95,84% do tempo de queima manteve-se acima de 300°C. Esta informação é importante porque segundo Carvalho (2016), a degradação térmica da celulose e hemicelulose ocorre em temperaturas superiores a 300°C. Tal informação corrobora com Pereira et al. (2021), que constataram que a temperatura de 300 °C empregada na pirólise de cama de aviário foi insuficiente para a degradação desta biomassa.

A caracterização química da cama de aviário in natura (CA), assim como do biocarvão proveniente desta biomassa (BCA), encontra-se na Tabela 1. Com exceção do teor de nitrogênio e umidade, quando comparado a CA, verificou-se que o BCA obteve um aumento em todos os parâmetros analisados. A diminuição no teor de nitrogênio era esperada uma vez que em altas temperaturas de pirólise parte do N é perdido por volatilização (Ameloot et al., 2015). O BCA, quando comparado a CA in natura, apresentou um maior caráter alcalino, com aumento do pH em 39,5%. Este resultado corrobora Gondek e Hersztek (2016), e Sikder e Joardar (2019).

Tabela 1. Caracterização química da cama de aviário (CA) e do biocarvão de cama de aviário (BCA) pirolisado em forno do tipo “Tambor”.

Sub.	pH	U	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	C	C/N
-----%-----									
CA	8,6	7,7	1,3	1,7	1,1	4,9	0,4	11,5	8,6
BCA	12,0	1,6	0,4	2,6	1,9	7,3	0,6	12,3	31,5

Sub.= Substrato; U = Teor de umidade

Influência do BCA na fertilidade do solo

O solo, após incubação com o biocarvão de cama de aviário (BCA), apresentou alteração na sua composição química. O BCA influenciou a nível de 1% o potencial hidrogeniônico pH, sódio (Na), potássio (K) e acidez potencial (H+Al) e a nível de 5% de probabilidade a soma de bases e a capacidade de troca catiônica (Tabela 2).

O biocarvão aumentou o pH do solo a uma taxa de 0,0173 unidades para cada tonelada de BCA/ha aplicado (Figura 4A). A reação de neutralização da acidez do solo observado neste estudo corrobora Silva et. al. (2017) e Fernandes et al. (2018).

Tabela 2. Resumo da análise de variância relacionada ao potencial hidrogeniônico pH, acidez potencial (H+Al), matéria orgânica (MO), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), potássio (K) e capacidade de troca catiônica (CEC) do solo incubado com diferentes doses de biocarvão aplicadas.

FV	GL	-----Quadrado médio-----							
		pH	MO	Ca	Mg	Na	K	H+AL	CTC
Dos	4	0,02**	13,1 ^{ns}	9e ^{-4ns}	0,08 ^{ns}	2,4e ^{-3**}	1,0e ^{-2**}	0,19**	0,16**
Lin	1	0,07**	0,33 ^{ns}	-	-	8,9e ^{-3**}	3,9e ^{-2**}	0,62**	0,37**
Qua	1	7e ^{-3ns}	51,2**	-	-	8,0e ^{-5ns}	7,0e ^{-5ns}	0,12**	1e ^{-3ns}
Des	2	1e ^{-3ns}	0,40 ^{ns}	-	-	2,9e ^{-4*}	6,2e ^{-4ns}	9e ^{-3ns}	0,14*
Erro	10	2e ⁻³	4,72	0,023	0,03	4,0e ⁻⁵	3,0e ⁻⁴	9e ⁻³	0,02

FV	GL	-----Quadrado médio-----							
		pH	MO	Ca	Mg	Na	K	H+AL	CTC
CV(%)		0,85	14,57	5,45	10,88	6,67	4,57	10,60	2,68
MG	6,33	-----cmol _c dm ⁻³ -----							
			14,91	2,79	1,59	0,09	0,41	0,91	5,80

(**, *, ns) Significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente, pelo Teste F. Fonte de variação (FV); Grau de liberdade (GL); Doses (Dos); Linear (Lin); Quadrático (Qua); Desvio (Des) e Coeficiente de variação (CV).

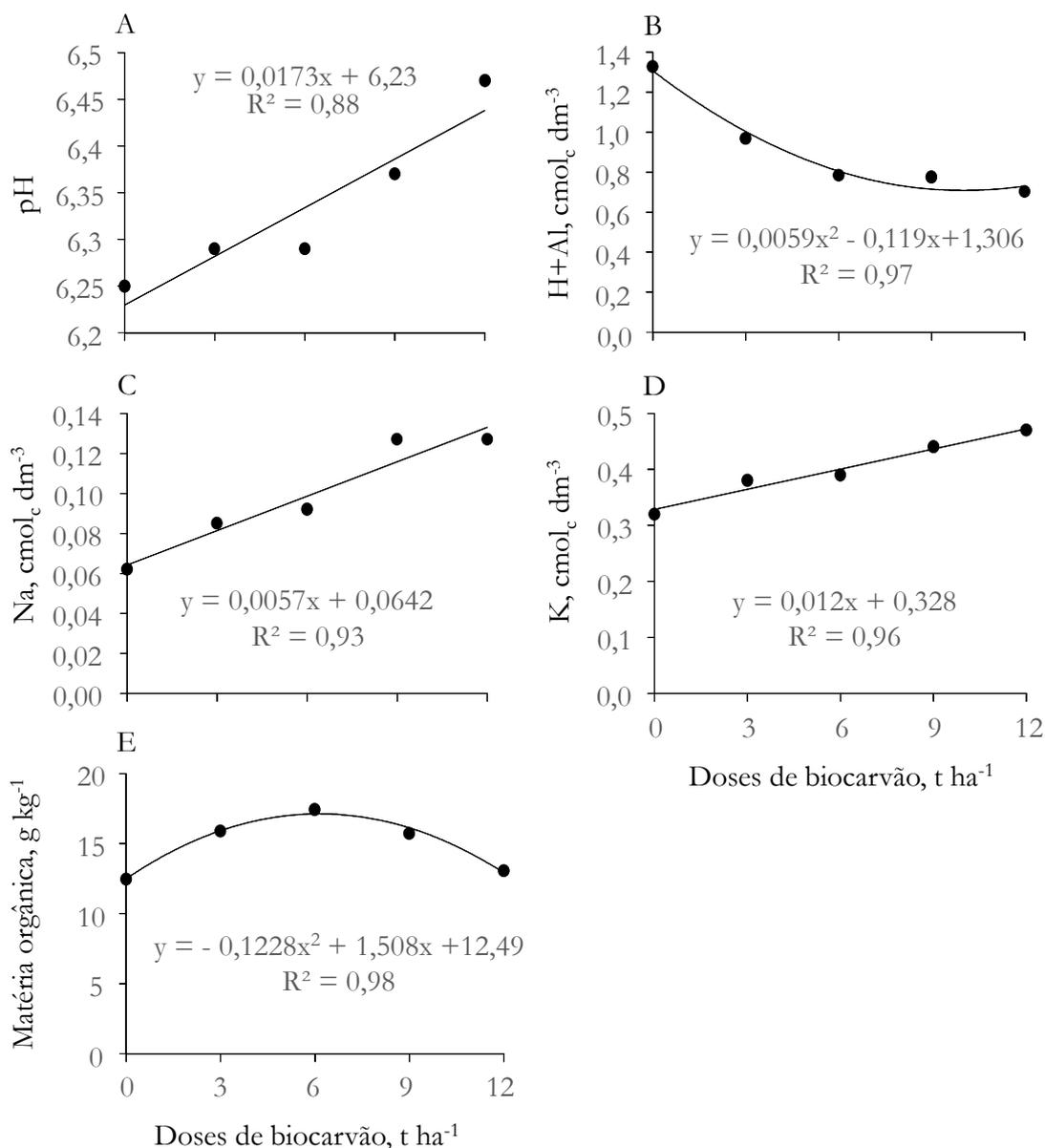


Figura 4. Composição química do solo após período de incubação com diferentes doses de biocarvão de cama de aviário.

Analisando a Figura 4B, percebe-se que houve uma redução da acidez potencial do solo até 0,706 cmol_c dm⁻³ aplicando-se 10,08 t ha⁻¹. Este valor é 45,95% menor quando comparado ao tratamento controle. Segundo Sparks (2003), com o aumento do pH do solo, os cátions provenientes do biocarvão deslocam o alumínio (Al) dos sítios de troca de argila e/ou matéria orgânica e então reagem com espécies

monoméricas solúveis de Al. Além disso, dependendo da biomassa a ser utilizada na preparação do biocarvão, cátions básicos como Ca, K, Mg e Si podem formar óxidos alcalinos ou carbonatos durante o processo de pirólise e, uma vez liberados no meio ambiente, reagem com H^+ e monoméricos de Al, aumentando o pH do solo e diminuindo a acidez do solo (Novak et al., 2009).

Os teores de sódio e potássio aumentaram a uma taxa de 0,0057 e 0,012 $cmol_c\ dm^{-3}$ para cada tonelada de BCA/ha aplicado, respectivamente, (Figuras 4C e 4D). Mesmo comportamento não foi observado para os nutrientes Ca e Mg, que não foram influenciados significativamente pelas doses de biocarvão, discordando de Fernandes et al. (2018). O fósforo, mesmo aplicando o teste não paramétrico de Kruskal Wallis, não foi influenciado pelas doses do biocarvão, apresentando um teor médio de 0,947 $mg\ 100g^{-1}$, tal resultado não corrobora Fernandes et al. (2022a) que observaram aumento na concentração de fósforo do solo com a aplicação de biocarvão de cama de aviário.

Quanto a capacidade de troca catiônica, apesar de ser influenciada pelas doses de biocarvão (Tabela 2) com tendência de aumento, o resultado não foi apresentado de forma gráfica devido ao baixo valor do coeficiente de determinação ($R^2 = 0,564$) obtido com o ajuste do modelo de regressão de primeiro grau.

O aumento da fertilidade do solo, devido à aplicação de biocarvão, dependerá da biomassa utilizada na pirólise (Fernandes et al., 2022b). É importante ressaltar que a cama de frango utilizada neste estudo é composta por bagaço de cana-de-açúcar, fezes de frango e ração (mistura de milho, soja, calcário, fosfato bicálcico e suplemento vitamínico mineral aminoácido), desperdiçados na proporção de 1:0,165, na base úmida.

O teor de carbono do BCA de 12,3%, equivalente a 21,20% de matéria orgânica (MO), contribuiu para que ocorresse incremento da MO do solo, cuja maior média correspondeu a 17,12 $g\ kg^{-1}$ com a dose de 6,14 $t\ ha^{-1}$. Esta média é 37,02% maior se comparada ao valor observado no tratamento testemunha, ou seja, 12,49 $g\ kg^{-1}$ (Figura 4E). Estudos têm demonstrado que a MO proveniente do biocarvão, quando comparada a biomassa utilizada na sua produção, é mais eficaz para o sequestro de carbono (Tito et al., 2021), aumentando a fertilidade do solo (Chaves et al., 2020) e melhorando o potencial de calagem de solos ácidos (Yuan et al., 2011).

Crescimento e produção do pimentão verde adubado com BCA

A adubação do pimentão verde com o biocarvão de cama de aviário (BCA) influenciou significativamente as variáveis de crescimento e produção conforme verificado na Tabela 3.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para altura da planta (ALT), diâmetro caulinar (DIA), matéria seca da planta inteira (MSECA), área foliar total (AFT) e produtividade (PROD) de frutos de pimentão verde em função da aplicação de diferentes doses de BCA, como também, dos contrastes para doses de biocarvão *versus* o tratamento adubação mineral

FV	GL	Quadrado médio				
		ALT	DIA	MSECA	AFT	PROD
Tratamento	5	174,7*	4,35**	158,40**	3,4e ^{-3**}	35,29**
Bloco	2	1,25 ^{ns}	0,013 ^{ns}	65,32**	1e ^{-5ns}	0,05 ^{ns}
Doses	4	120,4*	3,86**	129,59*	2,1e ^{-3**}	28,61*
Linear	1	34,13 ^{ns}	3,36**	40,2 ^{ns}	3e ^{-4ns}	52,98*
Quadrático	1	354,4**	11,9*	439,0**	7,3e ^{-3**}	55,79*
Desvio	2	46,60 ^{ns}	0,06 ^{ns}	19,5 ^{ns}	4e ^{-4ns}	2,84 ^{ns}
D0 <i>vs</i> Min	1	14,00 ^{ns}	0,02 ^{ns}	46,38*	1e ^{-3*}	0,29 ^{ns}
D3 <i>vs</i> Min	1	436,3**	4,44**	379,89**	11e ^{-3**}	51,68*
D6 <i>vs</i> Min	1	563,8**	11,8**	500,56**	9e ^{-3**}	70,86**
D9 <i>vs</i> Min	1	230,2*	8,18**	140,97**	5e ^{-3**}	72,38**
D12 <i>vs</i> Min	1	172,4 ^{ns}	2,27**	12,42 ^{ns}	1e ^{-3*}	48,05*
Resíduo	10	40,11	0,261	4,73	2e ⁻⁴	5,51
CV(%)		14,49	5,83	8,35	13,74	33,20
Média geral		43,7cm	8,7mm	26,05g	0,101m ²	7,1tha ⁻¹

(**, *, ns) Significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente, pelo Teste F. Fonte de variação (FV); Grau de liberdade (GL); D0, D3, D6, D9 e D12 correspondem as doses de biocarvão aplicadas em t ha⁻¹; Adubação mineral (Min); Coeficiente de variação (CV).

Ainda observando a Tabela 3, verifica-se que as médias de todas as variáveis analisadas se ajustaram significativamente ao modelo de regressão polinomial de segundo grau com valores de coeficiente de determinação significativos, com exceção da altura da planta, superiores a 0,9.

A maior altura de planta correspondeu a 51,70 cm com a aplicação de 6,55 t ha⁻¹ de BCA (Figura 5A). O pimentão adubado com NPK apresentou uma altura da planta estaticamente semelhante se comparada aquela que recebeu a aplicação de 0 e 12 t ha⁻¹ de BCA (Tabela 3).

O maior diâmetro caulinar (DC), equivalente a 10,15 mm foi obtido na dose 6,93 t ha⁻¹ de BCA (Figura 5B). Com relação aos contrastes, verifica-se que as plantas que receberam os tratamentos adubação mineral e 0 t ha⁻¹ de BCA apresentaram médias de DC estatisticamente semelhantes entre si (Tabela 3).

As maiores médias de matéria seca da planta inteira, áreas foliar e produtividade corresponderam a 34,37 g, 0,14 m² e 10,59 t ha⁻¹ com a aplicação de 5,46; 5,53 e 7,73 t ha⁻¹ de BCA, respectivamente (Figuras 5C, 5D e 5E). Quanto aos contrastes, verificou-se que a adubação mineral diferiu estatisticamente da dose de 0 e 12 t ha⁻¹ de BCA para produtividade e massa fresca da planta inteira, respectivamente. Já para a área foliar, independente da dose aplicada, suas médias foram superiores quando comparadas ao tratamento adubação mineral (Tabela 3).

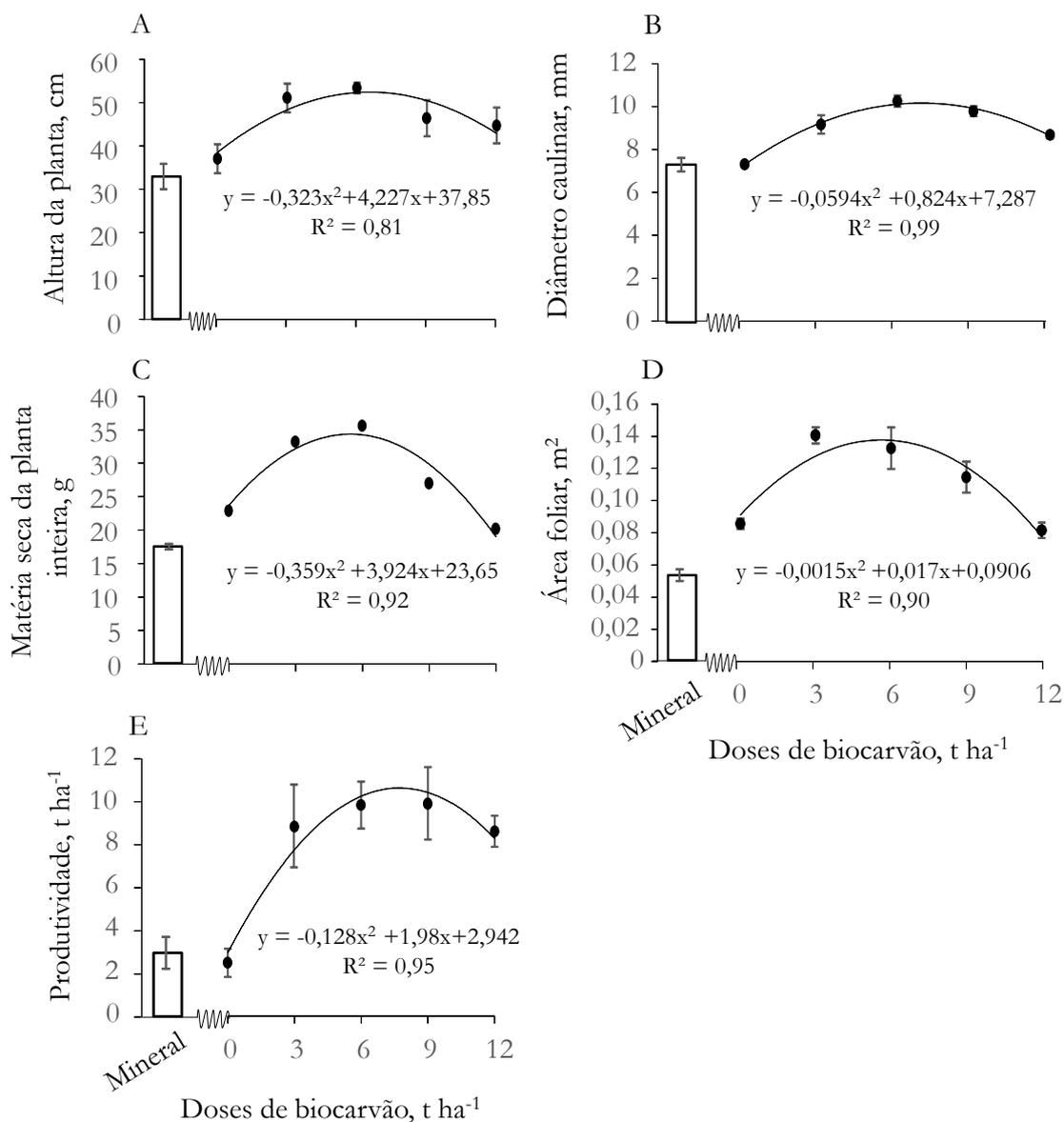


Figura 5. Altura da planta, diâmetro caulinar, matéria seca da planta inteira, área foliar total e produtividade em função das diferentes doses de BCA e da adubação mineral. Barras verticais representam o erro padrão

Os aumentos verificados até a concentração máxima de BCA podem ser atribuídos à oferta crescente de nutrientes para as plantas, resultando em uma nutrição mais equilibrada das plantas, com consequente aumento do crescimento em altura e produção (Lima et al., 2019; Wisnubroto et al., 2017).

O baixo crescimento e produção verificados nas plantas que receberam a adubação mineral podem estar associados a virose, devido à presença de insetos vetores como mosca branca (*B. tabaci*) e pulgões (*M. euphobiae*). Também se verificou a presença destes vetores nas plantas que receberam o BCA, porém, com menor incidência da doença. Os principais sintomas observados foram: bronzeamento de folíolos apicais, redução da área foliar, curvatura do ponteiro, presença de anéis cloróticos e necróticos em folhas e frutos, com paralisação do crescimento da planta.

CONCLUSÕES

A temperatura no interior do forno tipo “tambor duplo” esteve em 492,5 °C durante quase todo processo de pirólise, obtendo-se um biocarvão alcalino e com teores, exceto nitrogênio e umidade, maiores se comparados a cama *in natura*.

O pH, e os teores de matéria orgânica, sódio e potássio do solo aumentaram em função das doses de biocarvão, comportamento inverso foi observado para acidez potencial.

Todas variáveis de crescimento e produção foram influenciadas pela aplicação de BCA, cuja maior produtividade foi de 10,59 t ha⁻¹ na dose 7,73 t ha⁻¹.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica PIBIC/CNPq-UEPB.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amonette, J., & Joseph, S. (2009). Characteristics of Biochar: Micro Chemical Properties. In: Lehmann, J., & Joseph, S., Eds., *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*, Earthscan, London, 33-52.
- Baldock, J. A., & Smernik, R. J. (2002). Chemical Composition and Bioavailability of Thermally Altered *Pinus resinosa* (Red Pine) Wood. *Organic Geochemistry*, 33: 1093-1109. Chemical Composition and Bioavailability of Thermally Altered *Pinus resinosa* (Red Pine). DOI: 10.1016/S0146-6380(02)00062-1.
- Beesley, L. et al. (2011). Review of biochars’ potential role in the remediation, revegetation and restoration of contaminated soils. *Environmental Pollution*, 159: 3269–3282.
- Bhattarai, B. et al. (2015). Effect of biochar from different origin on physio-chemical properties of soil and yield of garden pea (*Pisum sativum* L.) at Paklihawa, Rupandehi, Nepal. *World Journal of Agricultural Research*, 3(4): 129–138. DOI: 10.12691/wjar-3-4-3.
- Bozzolo, A. et al. (2017). Effects of moderate and high rates of biochar and compost on grapevine growth in a greenhouse experiment. *AIMS Agriculture and Food*, 2(1): 113-128. doi: 10.3934/agrfood.2017.1.113.
- BRASIL (2014). *Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Coordenação Geral de Apoio Laboratorial, Murilo Carlos Muniz Veras (Org.) – Brasília: MAPA/SDA/CGAL, 220 p.

- Carvalho, W. S. (2016). Pirólise rápida do bagaço de sorgo sacarino: Influência da temperatura de aditivos e de catalizadores. Universidade Federal de Uberlândia, MG. 228 p. DOI: 10.14393/ufu.te.2016.30.
- Chaves, L. H. G. et al. (2020). Characterization of poultry litter biocarvão for agricultural use. *Sylwan*, 164(6): 468-487.
- Diniz, J. M. T. et al. (2014). Variabilidade espaço-temporal da temperatura e difusividade térmica do solo de Lagoa Seca-PB. *Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 9(4): 722-736. DOI: 10.4136/ambi-agua.1474.
- Donagemma, G. K. et al. (2011). Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 230p.
- Doorenbos, J., & Pruitt, J. O. (1975). Guidelines for predicting crop water requirements. Rome: FAO, (Irrigation and Drainage Paper, 24), 192 p.
- Fernandes, J. D. et al. (2022b). Thermal treatment of poultry litter: Part I. Characterization by immediate analysis and gravimetric yield. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 26(9): 633-639. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v26n9p633-639.
- Fernandes, J. D. et al. (2018). Soil Chemical Amendments and the Macronutrients Mobility Evaluation in Oxisol Treated With Biochar. *Journal of Agricultural Science*, 10(10): 238-247. DOI:10.5539/jas.v10n10p238.
- Fernandes, J. D. et al. (2022a). Phosphorus availability in soil incubated with biochar: adsorption study. *Revista Caatinga*, 35(1): 206-215. DOI: 10.1590/1983-21252022v35n121rc.
- Ferreira, D. F. (2011). Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência Agrônômica*, 35: 1039-1042. DOI: 10.1590/S1413-70542011000600001.
- Filgueira, F. A. R. (2013). Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. ed. rev. e ampl. Viçosa, MG: UFV, 421p.
- Glaser, B., Lehmann, J., & Zech, W. (2002). Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal—A review. *Biology and Fertility of Soils*, 35: 219–230. DOI: 10.1007/s00374-002-0466-4.
- Gondek, K., & Hersztek, M. M. (2016). Effect of thermal conversion of pig manure and poultry litter on the content and mobility of Mn and Fe in biochars and in soil after their application. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 7(3): 349–355. DOI: 10.4067/S0718-58392016000300013.
- Guerra, P. (2014). Producción y caracterización de Biochar a partir de la biomasa residual de sistemas agroforestales y de agricultura convencional en la Amazonía Peruana. Tesis de Grado. Universidad Nacional Agraria La Molina, p. 101.
- Kamara, A. et al. (2015). Effect of Rice Straw Biochar on Soil Quality and the Early Growth and Biomass Yield of Two Rice Varieties. *Agricultural Sciences*, 6: 798-806. DOI: 10.4236/as.2015.68077.
- Laurentino, L. G. S. et al. (2021). Melon Seedlings Phytomass under Poultry Litter Biochar Doses. *Agricultural Sciences*, 12: 181-197. DOI: 10.4236/as.2021.123012.

- Lehmann, J. (2007). A Handful of Carbon. *Nature*, 447: 143-144. DOI: 10.1038/447143a
- Lehmann, J. et al. (2011). Biochar Effects on Soil Biota—A Review. *Soil Biology and Biochemistry*, 43: 1812-1836. DOI: 10.1016/j.soilbio.2011.04.022.
- Lima, W. B. et al. (2019). Growth and Development of Bell Peppers Submitted to Fertilization with Biochar and Nitrogen. *Agricultural Sciences*, 10(6): 753-762. DOI: 10.4236/as.2019.106058.
- Maru, A. et al. (2015). Coapplication of chicken litter biochar and urea only to improve nutrients use efficiency and yield of *Oryza sativa* L. cultivation on a tropical acid soil. *The Scientific World Journal*, 9: 1-12. DOI: 10.1155/2015/943853.
- Mendes, J. S. et al. (2021a). Chemical and Physical Changes of Soil Amended with Biochar. *Water air and soil pollution*, 232: 338-350. DOI: 10.1007/s11270-021-05289-8.
- Mendes, J. S. et al. (2021b). Effect of poultry litter biochar on the nutritional status of corn. *Revista Caatinga*, 34: 916-925. DOI: 10.1590/1983-21252021v34n419rc.
- Novak, J. M. et al. (2009). Impact of biochar amendment on fertility of a southeastern Coastal. *Soil Science*, 174: 105-112. DOI: 10.1097/SS.0b013e3181981d9a.
- Pereira, M. E. et al. (2021). Biochar produced from poultry litter waste. *Research, Society and Development*, 10(11): 1-13. DOI: 10.33448/rsd-v10i11.19704.
- Pizarro, F. (1996). Riegos localizados de alta frecuencia: goteo, microaspersión, exudación. 3. ed. Madrid: Mundi-Prensa, 513p.
- Sediyama, M. A. N. et al. (2009). Rendimento de pimentão em função da adubação orgânica e mineral. *Horticultura Brasileira*, 27: 294-299. DOI: 10.1590/S0102-05362009000300006.
- Severino, L. S. et al. (2005). Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 5(1): 1-6.
- Sikder, S., & Joardar, J. C. (2019). Biochar production from poultry litter as management approach and effects on plant growth. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 8: 47–58. DOI: 10.1007/s40093-018-0227-5.
- Silva, I. C. B. et al. (2017). Biochar from different residues on soil properties and common bean production. *Scientia Agricola*, 74(5): 378-382. DOI: 10.1590/1678-992X-2016-0242.
- Silva, J. L. A. et al. (2014). Teores foliares no pimentão submetido à estresse salino em diferentes solos. *Agropecuária Científica no Semiárido*, 10: 77-82.
- Singh, B. et al. (2010). Characterisation and Evaluation of Biochars for Their Application as a soil Amendment. *Australian Journal of Soil Research*, 48: 516-525. DOI: 10.1071/SR10058.
- Souza, I. L. et al. (2018). Parasitoids Diversity in Organic Sweet Pepper (*Capsicum annuum*) Associated with Basil (*Ocimum basilicum*) and Marigold (*Tagetes erecta*). *Brazilian Journal of Biology*, 79: 603-611. DOI: 10.1590/1519-6984.185417.
- Sparks, D. L. (2003). Environmental soil chemistry. Academic Press, San Diego, CA, USA. 352p. DOI: 10.1016/B978-0-12-656446-4.X5000-2.

- Tito, G. A. et al. (2021). Organic carbon mineralization of the biochar and organic compost of poultry litter in an Argisol. *Semina ciências agrárias*, 42(6): 3167-3184. DOI: 10.5433/1679-0359.2021v42n6p3167.
- Wisnubroto, E. I. et al. (2017). Residual Effect of Biochar on Growth and Yield of Red Chili (*Capsicum Annum* L.). *Journal of Advanced Agricultural Technologies*, 4(1): 28-31. DOI: DOI: 10.18178/joaat.4.1.28-31.
- Yuan, J. H. et al. (2011). Amendment of acid soils with crop residues and biochars. *Pedosphere*, 21: 302-308. DOI: 10.1016/S1002-0160(11)60130-6.
- Zimmerman, A. R. (2010). Abiotic and Microbial Oxidation of Laboratory-Produced Black Carbon (Biochar). *Environmental Science & Technology*, 44: 1295-1301. DOI: 10.1021/es903140c.

Agroecologia aplicada no barlavento do tabuleiro de Tucano Norte – Bahia

Recebido em: 15/10/2022

Aceito em: 17/10/2022

 10.46420/9786581460617cap6

Wodis Araujo¹ 

Raquel Vale² 

Tayná Vitória³ 

INTRODUÇÃO

O tabuleiro de Tucano Norte está localizado na Região de Planejamento e Gestão das Águas dos rios Macururé e Curaçá (RPGA-MC), região esta, inserida em *corredor ecológico* e Área Piloto para Estudos de Desertificação. Esta é uma das áreas mais secas da Bahia, com precipitações médias anuais entre 400 e 800 mm, e alta suscetibilidade à desertificação (Vale, 2018). O tabuleiro de Tucano Norte, no que se refere às suas dimensões e disposição espacial, é o mais importante compartimento dos relevos do nordeste baiano, interagindo com as dinâmicas das paisagens regionais, tendo em vista suas interfaces com os demais componentes deste sistema geoambiental. O padrão de distribuição regional das precipitações no barlavento e no sotavento, devido ao efeito orográfico deste tabuleiro, é um dos fatores que concorrem para isso.

O relevo é o piso sobre o qual as sociedades desenvolvem uma série de atividades, para as quais, as características morfográficas e morfométricas desse, interferem no potencial geoambiental, intrínseco às paisagens. O efeito orográfico se expressa pelo controle geográfico do relevo sobre as características geoecológicas locais (Conti, 2005) e seu estudo possibilita compreender geoecologias em superfícies geograficamente próximas (Pelegrin; Galvani, 2015). Nesse contexto, a Geomorfologia surge como essencial para que o conhecimento dos relevos subsidie a gestão do espaço e o planejamento territorial (Guerra; Cunha, 2009). Outrossim, o relevo contribui para elucidar questões relacionadas ao uso dos solos e às formas de manejo, visto que, dentre outros aspectos, a incidência da radiação solar e a absorção/dissipação desta energia, as taxas de escoamento/infiltração, dependem significativamente do relevo.

Nesse sentido, a agroecologia – em oposição à agricultura industrial ou convencional – emerge e se diferencia por apresentar uma abordagem holística, não apenas no que concerne às questões

¹ Wodis Kleber Oliveira Araujo. Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS.

² Raquel de Matos Cardoso do Vale. Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS.

³ Tayná de Oliveira Vitória. Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS.

* Autor correspondente: wkoraujo@uefs.br

ambientais, mas, sobretudo às questões humanas. A agroecologia, que tem como variantes a agricultura ecológica, a agricultura alternativa, a agricultura sustentável, entre outras, vem sendo desenvolvida e aprimorada desde o surgimento dos demais sistemas agrícolas do século XX (Jesus, 2005).

No coração da agroecologia reside a ideia de que o campo de cultivo é um ecossistema (Hecht, 1999 *apud* Altieri, 1999). Eco vem da palavra grega “*oikos*” e significa “lugar”, e a palavra “sistema” é utilizada para indicar que muitos fatores interligados fazem funcionar uma estrutura organizada (Primavesi, 2016). Quando a agroecologia estabelece como premissa que o campo de cultivo é um ecossistema, ela o reconhece e o trata de forma holística, integrada. Dentro desse ecossistema, os processos ecológicos que acontecem em outras formações florestais também ocorrem nele, como a ciclagem de nutrientes, a interação predador/presa, competição, comensalismo e mudanças sucessivas. Por meio do conhecimento dessas relações ecológicas, os sistemas agroecológicos podem ser melhor administrados com menores impactos negativos ao ambiente e à sociedade, e precipuamente, com menor uso de insumos (Altieri, 1999). Na contramão, a agricultura convencional considera o desenvolvimento da agricultura e dos agricultores a partir da difusão de tecnologias cientificamente validadas.

A agroecologia busca entender as bases ecológicas que fundamentam a agricultura tradicional para posteriormente desenvolver uma agricultura moderna mais sustentável (Norgrand, 1989). É importante lembrar – com relação à preocupação da agricultura tradicional com a difusão de inovações – Santos (2003), o qual destaca que é crucial estudar a difusão de inovação levando em conta as estruturas sociais em que estão inseridos os adotantes em potencial. O autor lamenta que nas raras vezes em que se buscou incorporar o pressuposto socioeconômico nas teorias de difusão foi apenas para gerar mais lucros e não para proporcionar bem-estar social. Nesse contexto, a agroecologia emerge sendo muito mais que uma gestão de recursos naturais, e se constitui como um novo modo de vida rural, capaz de conjugar qualidade de vida, valores, trabalho, renda, democracia e emancipação política em um mesmo processo (Padua, 2001). É uma estratégia que se conjuga à luta mundial de milhões de pequenos agricultores e agricultoras em busca de segurança e soberania alimentar (Nodari; Guerra, 2015).

Nesta perspectiva, o presente artigo, resultado de um plano de trabalho desenvolvido na Iniciação Científica, intitulado: “Efeitos orográficos do tabuleiro de Tucano Norte e as fitofisionomias de caatinga e uso dos solos”, objetiva discutir a importância da aplicação da agroecologia como forma de uso sustentável do solo, em especial, na porção no barlavento do tabuleiro de Tucano Norte, subespaço menos seco do nordeste da Bahia.

MATERIAL E MÉTODOS

A fim de compreender o efeito orográfico do tabuleiro de Tucano Norte foram consultados inicialmente, autores como Conti (2005), Mendonça e Danni-Oliveira (2007) e Christopherson e Birkeland (2017), os quais explicam como se processa o efeito orográfico. Além desses, outros, como Cunha e Guerra (2009) elucidam a relação do relevo com a paisagem; Campos (2012) foi a base para a

discussão da influência do relevo na formação e no uso dos solos. No que tange à agroecologia, foram consultadas Primavesi (2016), considerada a mãe da agroecologia no Brasil, e Nodari e Guerra (2015).

Para caracterizar a área de estudo foram produzidos mapas temáticos a partir de dados do SIG-Bahia (2003), por meio do *software* ArcGis, aplicado nos *shapefiles* de isoietas, vegetação e uso dos solos, e solos. O Modelo Digital de Elevação-MDE, disponível no site do INPE TOPODATA, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE, foi utilizado para produzir em ambiente SIG, o mapa de aspecto. Para subsidiar a análise dos usos dos solos, foram utilizados dados dos Censos, Agropecuário (2017) e Demográfico (2010), disponíveis no site do IBGE, e dados de uso e cobertura do solo, disponíveis no site do MapBiomas.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A RPGA-MC está localizada no NE do estado da Bahia no par de coordenadas Universal Transversa de Mercator 319.799 / 9.058.133 e 609.716 / 8.865.053 (Figura 1). Possui uma área de 27.186,89 km², tendo por limite as RPGA dos rios Salitre, Vaza-Barris, Itapicuru e Riacho do Tará. O limite norte é delineado pelo Rio São Francisco e os estados de Pernambuco e Alagoas. O tabuleiro de Tucano Norte encontra-se no setor oriental e abrange uma superfície de 3924 km², cerca de 14,33% da região.

De acordo com Vale (2018) o nível topográfico de cimeira alcança altitudes entre 420 e 730m, com caimento para o N, em direção à calha do Rio São Francisco. A porção central e oriental deste tabuleiro é seccionada por riachos que esculpem ravinas e cânions profundos, sendo que o Riacho Baixa do Chico se destaca dentre todos por ser acentuadamente encaixado e exibir altos paredões rochosos verticalizados.

O barlavento deste tabuleiro, área de interesse do presente estudo, é constituído por uma superfície rebaixada de 1129 km², designada por Vale (2018) como Depressão do Leste (Figura 2), bem como, por um diversificado sistema de encostas. Isoietas de 400 e 600 mm incidem latitudinalmente nesta área e, à medida que avançam para o sul, crescem progressivamente, até alcançar 600 mm (Figura 3). Deste modo, cerca de metade da Depressão do Leste recebe anualmente precipitações entre 500 e 600 mm, dotando-a de condições meteorológicas locais de maior umidade, quando comparada ao restante da RPGA-MC.

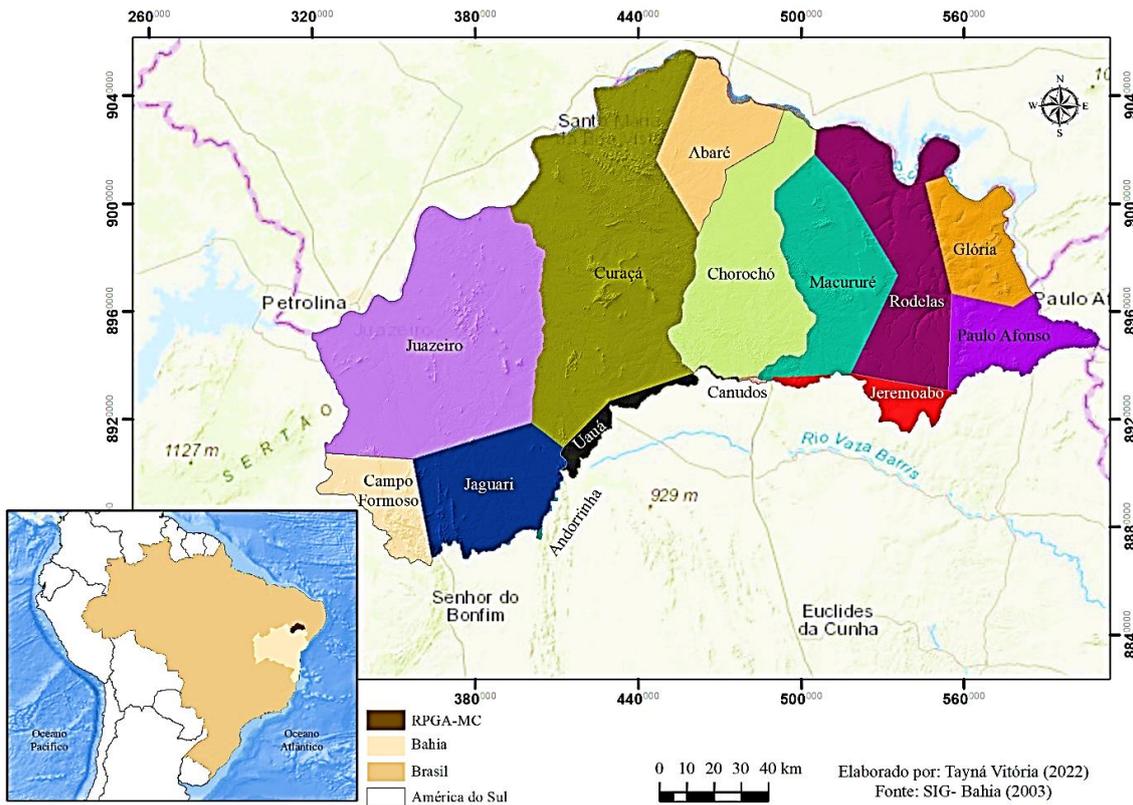


Figura 1. Mapa de localização da RPGA-MC.

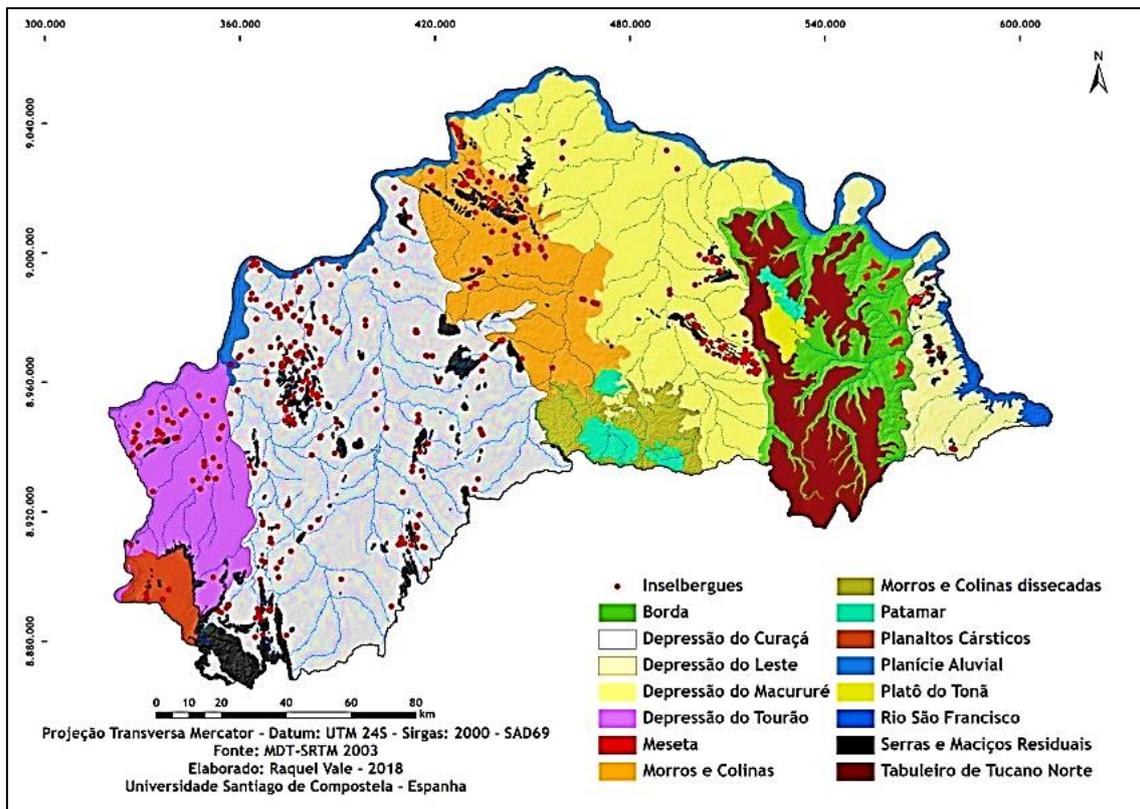


Figura 2. Mapa das unidades geomorfológicas da RPGA-MC. Fonte – Vale, 2018.

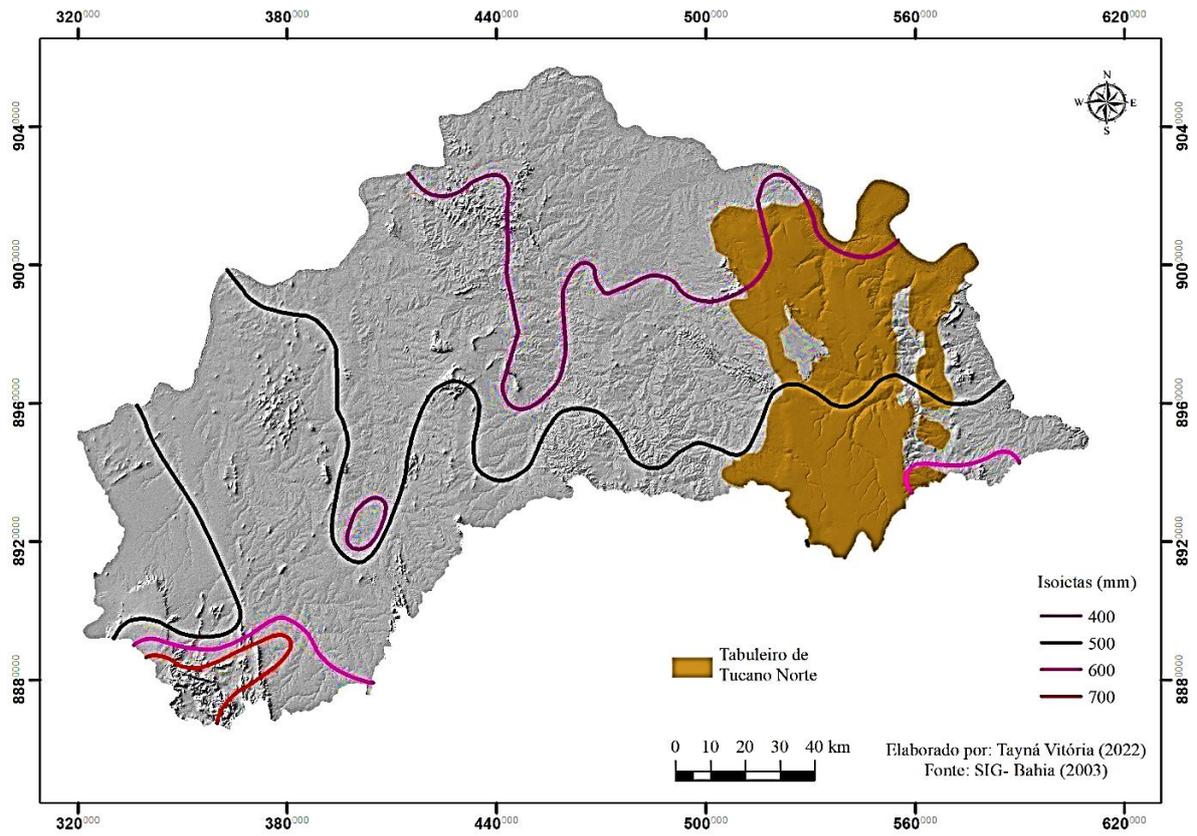


Figura 3. Mapa de isoietas da RPGA-MC.

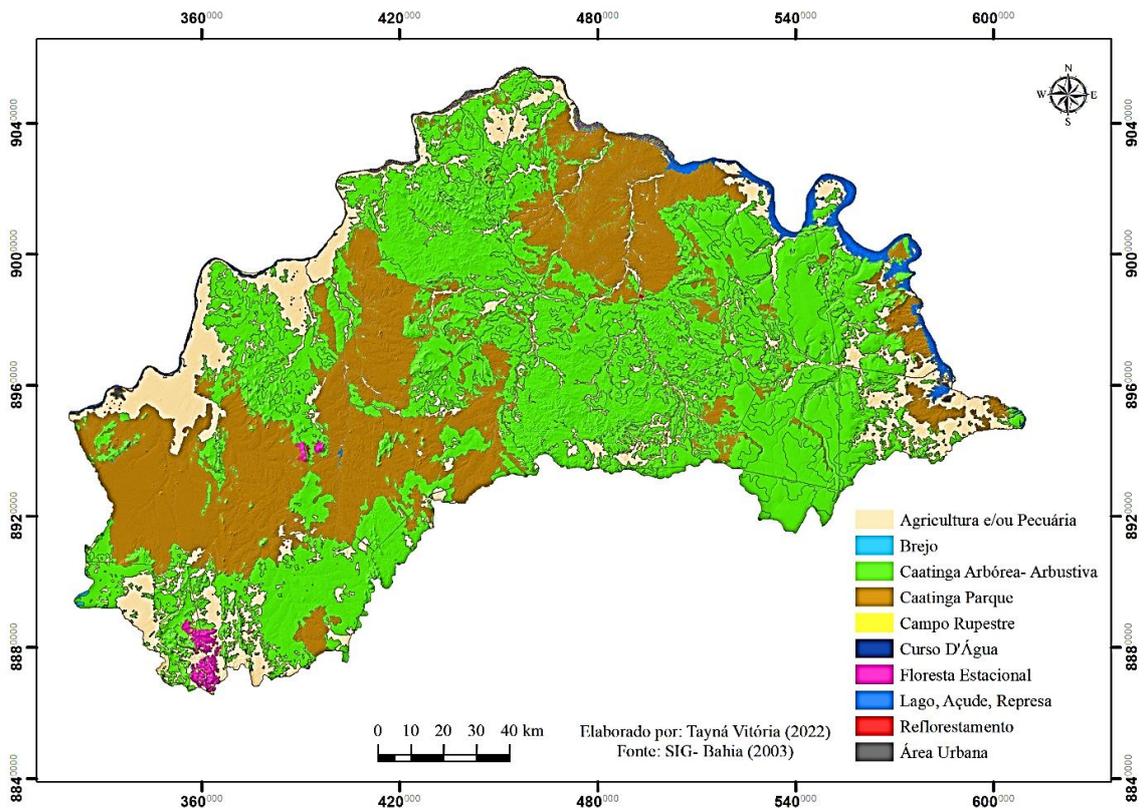


Figura 4. Mapa de vegetação e uso do solo da RPGA-MC.

Um dos aspectos mais interessantes derivados desse comportamento das isoietas é a forma como se expressam as fitofisionomias do bioma Caatinga (Figura 4). A caatinga parque e a caatinga arbóreo-arbustiva, ambas parcialmente recortadas por agropecuária, ocupam todo o sotavento do tabuleiro, sobre extensas depressões dominadas por isoietas entre 400 e 500 mm. Em contraponto, no barlavento, entre 500 e 600 mm, portanto, menos seco, se desenvolve, significativamente, a agricultura e a pecuária. Este padrão fortemente diferenciado das atividades rurais, dos usos dos solos, é derivado do controle orográfico do relevo sobre as características geoecológicas locais.

As características geoecológicas locais das paisagens respondem de modo sensível aos efeitos orográficos. No barlavento, o ar estável e elevado, resfria-se adiabaticamente, condensa-se, de maneira a produzir nuvens estratiformes, enquanto que o ar instável forma cumulus e cumulonimbus – ambas com desenvolvimento vertical, água na porção inferior da nuvem e gelo na superior (Mendonça; Danni-Oliveira, 2007). Assim, é possível ocorrer tempestades e pancadas de chuvas torrenciais, que dão origem a encostas mais úmidas e com tipologia de vegetação mais densa. Em contraponto, na encosta de sotavento, a massa de ar descendente é aquecida por compressão e toda água restante é evaporada, o que propicia o desenvolvimento de vegetação xerófila, adaptada as condições climáticas locais mais secas (Christopherson; Birkeland, 2017).

Os Neossolos e Planossolos constituem as classes de solos mais recorrentes na região (Figura 5). Os Neossolos, desenvolvidos em Arenito, Conglomerado, Folhelho, Siltito, da Formação Marizal, são solos pouco evoluídos, constituídos por material mineral; os Quartzarênicos ocorrem em todo o tabuleiro. Os Planossolos apresentam material mineral com horizonte A ou E seguido de horizonte B plânico, ou seja, pouco profundos, fator limitante para o crescimento das plantas. Por outro lado, apresentam alta saturação por bases, o que permite às plantas maior captação de nutrientes. Ocorrem na Depressão do Leste e em grande parte da porção ocidental da RPGA-MC.

O efeito orográfico foi também identificado por meio do mapa de aspecto (Figura 6), cujos dados possibilitaram visualizar a orientação do relevo em relação à exposição à incidência da radiação solar. Tal efeito está relacionado com a magnitude e orientação espacial do relevo. Deste modo, é possível deduzir a quantidade de energia e sua distribuição nas faces do relevo e inferir sobre a existência ou não de diferenças significativas de umidade no ar e no solo em cada uma das referidas faces, e suas consequências sobre as dinâmicas geoambientais. O barlavento do tabuleiro apresenta faces voltadas para Leste, o que lhe confere maior intensidade de recepção de energia calorífica durante o período da manhã. No sotavento, setor exposto para o Oeste, há forte incidência solar durante a tarde.

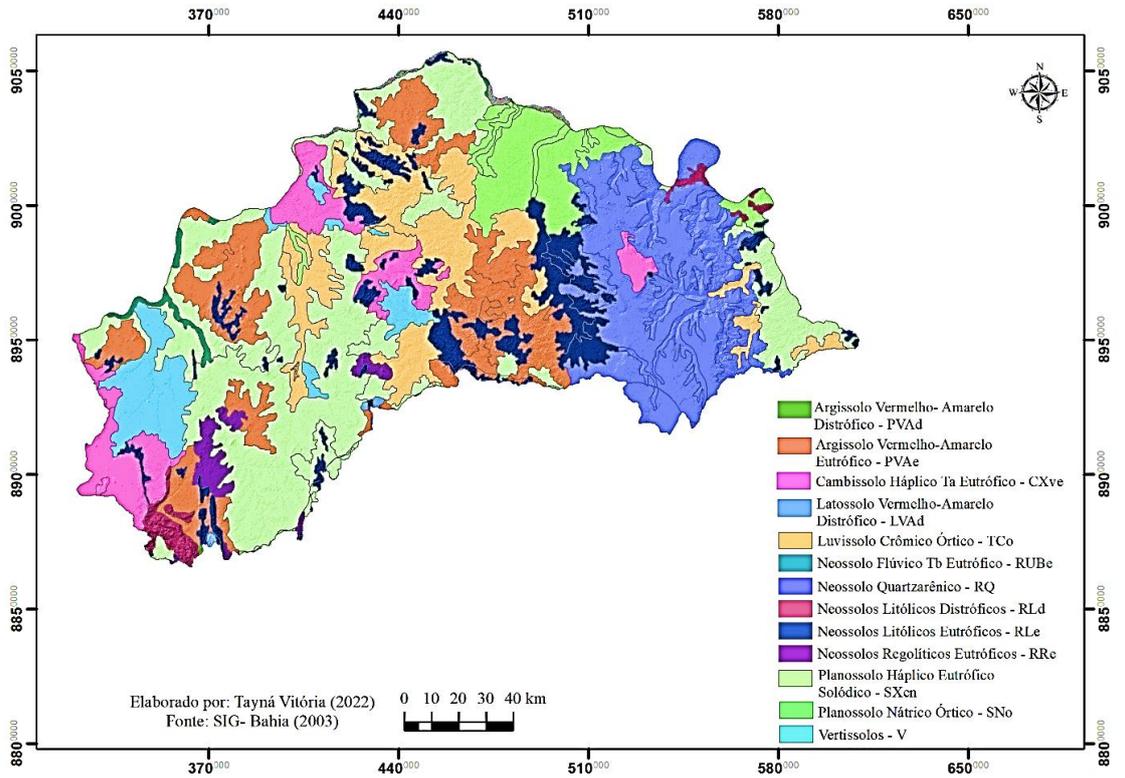


Figura 5. Mapa de solos da RPGA-MC.

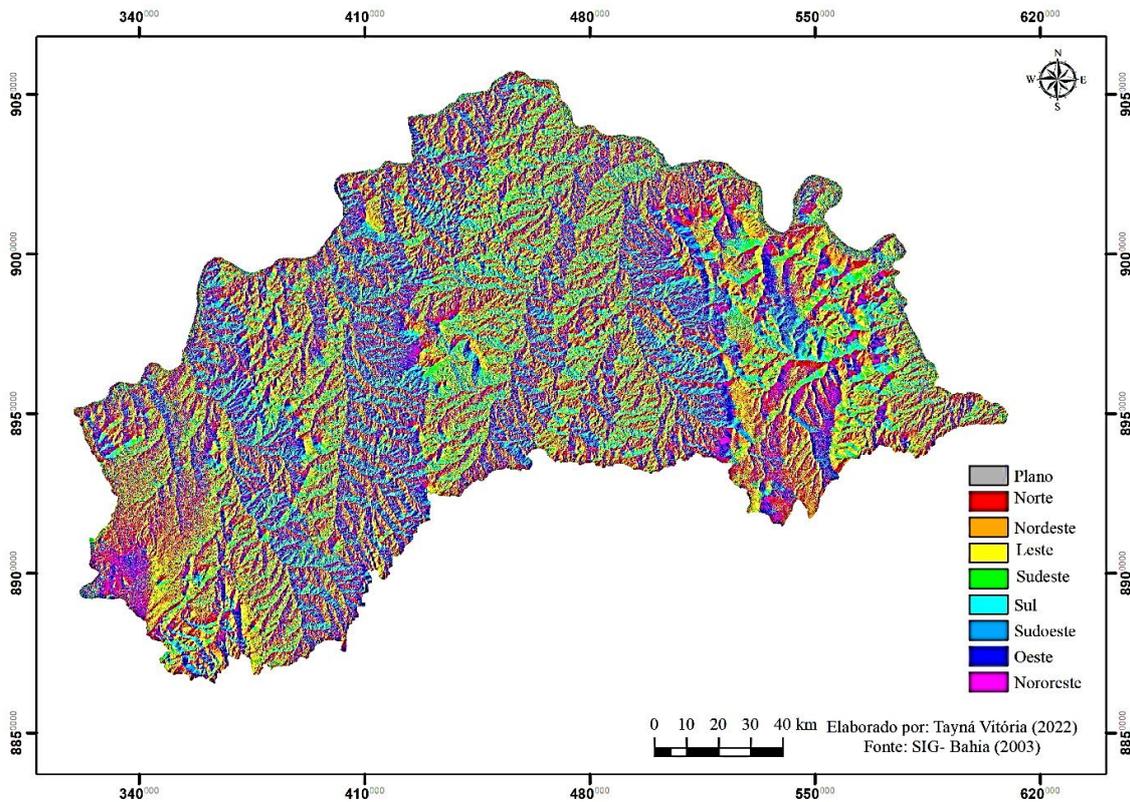


Figura 6. Mapa de aspecto da RPGA-MC.

Tais diferenças à exposição à incidência da energia solar resultam em comportamentos também distintos dos sistemas solo-planta-água, sobretudo quanto à capacidade de absorção/dissipação da energia incidente; taxas de escoamento/infiltração; que interferem no desempenho positivo ou negativo da produção dos solos, atingindo fortemente as atividades do campo.

AGROECOLOGIA APLICADA NA PORÇÃO A BARLAVENTO DO TABULEIRO DE TUCANO NORTE

A utilização contemporânea do termo “agroecologia” data dos anos 1970, no entanto, a ciência e a prática da agroecologia são tão antigas quanto à própria agricultura. Estabelece como premissa que o campo de cultivo é um ecossistema e, dessa forma, a agricultura ecológica aplica o enfoque holístico, sistêmico (Nodari; Guerra, 2015). Como na agricultura convencional tudo é feito por receitas, os agricultores orgânicos também esperam por receitas e não compreendem que a agricultura ecológica, possa funcionar apenas na perspectiva conceitual, justamente pelo fato de que cada lugar geográfico tem seu ecossistema específico (Primavesi, 2016).

Atualmente é consenso que os benefícios da agroecologia estão relacionados a uma série de aspectos, entre eles (Nodari; Guerra, 2015):

Sociais, visto que há aumento de capital e de coesão social de forma a reduzir a migração e conseqüentemente as concentrações humanas não-planejadas nos centros urbanos (Collaço; Bermann, 2017);

Saúde, haja vista que há melhora expressiva na qualidade da alimentação e nutrição e redução da dependência e exposição aos agrotóxicos e outros agroquímicos;

Ecológicos, em decorrência da redução da poluição da água e do solo, bem como, da conservação da biodiversidade. Outrossim, práticas agroecológicas contribuem para a recuperação de bacias hidrográficas, reduzem a dependência de insumos externos e são poupadoras de energia;

Segurança alimentar, uma vez que a diversificação da produção em nível de propriedade melhora o acesso e uso dos recursos locais e estabiliza rendimentos em longo prazo;

Redução da pobreza, dado que há potencial para aumentar a renda resultante da venda de produtos frescos ou com maior valor agregado, com menores custos de produção e menor necessidade de comprar alimentos;

Diminuição do comprometimento de renda e endividamento familiar ao reduzir a necessidade de adquirir insumos externos caros;

Culturais, uma vez que os valores do conhecimento tradicional promovem e facilitam o diálogo de saberes, potencializando a criatividade e a inovação e capacitando a comunidade para tornar-se agente do seu próprio desenvolvimento;

Do ponto de vista metodológico, pois, ao promover processos de pesquisa participativa, permite o entendimento holístico dos agroecossistemas, fornecendo ferramentas para avaliar e promover a sustentabilidade por meio de indicadores amigáveis aos agricultores.

Como dito anteriormente, a agroecologia funciona a partir de conceitos, como os que são trazidos por Ana Primavesi (2016), considerada mãe da agroecologia no Brasil. Ela traz 6 pontos básicos da agroecologia tropical, os quais são norteadores para todas e todos que pretendam aplicar a agroecologia em seu campo de cultivo- o qual é um ecossistema.

Os seis conceitos básicos da agroecologia tropical segundo Primavesi (2016) são:

Agregar o solo. A agregação é um processo químico-biológico que requer a aplicação superficial da matéria orgânica, sendo especialmente ativos todos os tipos de palhada e restos, e de raízes de capins.

A grande importância da aplicação da matéria orgânica é decorrente do fato de que ela atrairá bactérias que produzem colóides ou geleias bacterianas, as quais, por sua vez, unem os agregados primários do solo para formar agregados maiores (secundários). Em seguida, os fungos, atraídos pela geleia bacteriana, envolvem os agregados do solo com suas hifas (micélio), o que faz com que os grumos do solo sejam resistentes à ação desagregadora da água das chuvas e da irrigação. Não obstante, quando acabarem as geleias coloidais por falta de matéria orgânica, os fungos deixam as hifas morrerem e daí por diante, os grumos perdem sua proteção e são destruídos pelo impacto das chuvas.

No que tange a colocação dessa matéria orgânica, ela deve permanecer sempre na superfície do solo, caso seja enterrada, o efeito é que ocorre uma decomposição anaeróbica da matéria, que solta gases tóxicos (metano e gás sulfídrico). Os agricultores acreditam que o nitrogênio é perdido quando a matéria orgânica permanece na superfície, sem embargo, essa perda é mais que compensada pela fixação de nitrogênio por bactérias de vida livre (*Azotobacter*) e que se aproveitam dos açúcares e ácidos-poliurônicos- que as bactérias celulolíticas (capazes de digerir a celulose) produzem.

Primavesi (2016) ressalta que a cobertura morta do solo tem seu efeito maior no período seco do ano, enquanto que no período das chuvas, é recomendável a cobertura viva do solo visto que a cobertura morta melhora a infiltração, o que pode acarretar em lixiviação de nutrientes. A cobertura viva tendo raízes, reduzem a perda de nutrientes por meio da ciclagem destes.

Proteger o solo. A proteção contra o aquecimento, o dessecamento e o impacto das chuvas são cruciais nos trópicos a fim de que não se forme uma crosta superficial nem uma camada adensada, conhecida como *hardpan*, a qual limita o espaço das raízes. A proteção pode ser feita por a) *mulch* ou cobertura morta de restos de culturas picadas com 5 a 7 cm de espessura; b) plantio adensado, como é usado no café (superadensado) mas também no algodão, milho, verduras e outras culturas; c) plantio consorciado, como era utilizado antigamente; d) por meio de lonas; e) por arborização; f) por plantio intercalar, por exemplo, algodão e arroz de sequeiro entre as linhas de pomar de citros em desenvolvimento.

A importância da proteção do solo também advém do fato de que nos trópicos e em solos não protegidos a temperatura na superfície do solo alcança 59° C e pode chegar até 74° C, o que faz com que as plantas não mais absorvam água, haja vista que elas apenas absorvem até 32° C.

Aumentar a biodiversidade. Inclui especialmente a rotação de culturas e a adubação verde diversificada. Nesse sistema mister se faz que não se usem cultivos alelopáticos, ou seja, de espécies hostis entre si. A arborização, sobretudo em pastagens, traz muitas vantagens visto que o conforto do gado é recompensado por uma produção muito maior.

Outra forma de aumentar a biodiversidade é a plantação, em linhas alternadas, de duas variedades diferentes da mesma cultura. Como cada variedade possui um sistema de absorção distinto e excreta substâncias distintas pelas raízes, vale como duas espécies diferentes.

Aumentar o sistema radicular.

Evitando-se impedimentos físicos, como lajes subsuperficiais (*hardpan*) e compactações; para isso é necessário que a agregação e a proteção- primeiro e segundo ponto da agroecologia tropical- sejam cumpridos;

Fortalecendo as raízes pela aplicação de boro (entre 8 até 30 kg/ha de bórax, conforme o solo e o cultivo). Como exemplo temos que os plantadores de goiaba controlam a maior parte das doenças dessa cultura pela aplicação de boro; não porque o boro agirá diretamente nas doenças, mas porque ele faz as raízes crescerem e ficarem vigorosas, com isso a planta encontra mais facilmente o mineral que estiver deficiente.

Plantando variedades diferentes, o que provoca um aumento horizontal das raízes;

Deixando as raízes seguirem a água que recua no solo, em profundidade, de forma a aumentar o comprimento radicular;

Plantando cultivos consorciados;

Reduzindo impedimentos químicos, como de alumínio tóxico, por meio de adubação orgânica e aplicação de carbonatos e silicatos;

Reduzindo impedimentos biológicos, como de pragas de raízes, mediante o enriquecimento do solo com material orgânico diversificado.

Manter a saúde vegetal pela alimentação equilibrada (trofobiose).

Trofobiose significa que todo e qualquer ser vivo apenas sobrevive se houver alimento adequado disponível para ele. Quando se aumenta um dos nutrientes, por exemplo, K, os outros entram em deficiência, por exemplo, Ca e Mg. Como cada excesso induz a uma deficiência e esta por sua vez “chama” um parasita, a aplicação rotineira de algum defensivo com base mineral, tanto faz se é químico ou chamado de orgânico, como a calda bordalesa, sempre acarreta o excesso de um mineral e a deficiência de outros. Essa é a razão pela qual há “calendários de pulverização”, porque se sabe, por experiência, quais as pragas que vão aparecer como efeito colateral do defensivo aplicado.

Proteger os cultivos e pastos contra o vento e as brisas constantes. Essa proteção aumenta a umidade na paisagem, ao invés de ser levada para longe, bem como evita as térmicas geradoras de brisas locais. A proteção pode ser feita através de a) plantas anuais como milho ou sorgo, b) plantas arbustivas, como guandu ou bananeiras, c) árvores, como leucena, grevilha, eritrina e outras.

Essa proteção dos cultivos e pastos contra o vento e as brisas constantes é crucial, visto que se verificou que a brisa constante- não precisa ser vento forte- pode levar de uma área um equivalente de 750mm de chuva/ano. No caso da RPGA-MC, ela apresenta em média 400-800 mm de chuva/ano. Caso o ano seja de 400 mm, a região ficará com um déficit de 350 mm de chuva/ano; caso o ano seja de 800 mm, a região ficará apenas com 50 mm de chuva/ano.

Tendo em vista este preâmbulo e considerando os aspectos derivados do efeito orográfico do tabuleiro de Tucano Norte, entende-se que a agroecologia pode ser bem desenvolvida na Depressão do Leste, ou seja, no barlavento deste relevo, que se caracteriza como um subespaço de exceção em meio à semiaridez que predomina no Nordeste da Bahia.

Ab'Saber descreveu enclaves de maior umidade no semiárido nordestino em 1970 e 1974 (Souza; Oliveira, 2006). Resguardadas as diferenças escalares, é possível considerar que a Depressão do Leste é, comparativamente ao sotavento, o setor de menor aridez da RPGA-MC e a configuração das isoietas assim o demonstra. Nestes enclaves as geoecologias locais são bem características de ambientes de menor rusticidade.

Os municípios que ocupam todo o barlavento do tabuleiro são Paulo Afonso e Glória, os quais apresentam população de 108.396 e 15.076 habitantes, respectivamente, de acordo com os dados do Censo Demográfico de 2010. O município de Paulo Afonso possui população majoritariamente urbana, 93.404 habitantes, enquanto que a população rural equivale a 14.992 habitantes. Em contraponto, o município de Glória é predominantemente rural, 12.249 habitantes, enquanto que a população urbana é de 2.827 habitantes.

De acordo com o Censo Agropecuário de 2017, a utilização das terras no município de Paulo Afonso são predominantemente voltadas para as pastagens (naturais ou plantadas) – 16.126ha, 38,5% do município; e para os sistemas agroflorestais – 13.571ha, 32,5% (Tabela 1).

Tabela 1. Utilização das terras do município de Paulo Afonso - BA. Fonte: Censo Agropecuário IBGE, (2017).

Uso das terras	Área (ha)	Área (%)
LAVOURAS		
- Permanentes	293	0,7
- Temporárias	6.610	15,8
PASTAGENS		
- Naturais	11.249	26,9
- Plantadas em boas condições	2.855	6,8
- Plantadas em más condições	2.022	4,8

Uso das terras	Área (ha)	Área (%)
MATAS OU FLORESTAS		
- Naturais	2.251	5,4
- Naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal	2.283	5,5
SISTEMAS AGROFLORESTAIS		
Área cultivada com espécies florestais também usadas para lavouras e pastoreio por animais	13.571	32,5
ÁREA IRRIGADA	657	1,6
Total	41.791	100

Tabela 2. Utilização das terras do município de Glória - BA. Fonte: Censo Agropecuário IBGE, (2017)

Uso das terras	Área (ha)	Área (%)
LAVOURAS		
- Permanentes	868	4,2
- Temporárias	3.007	14,7
- Área para cultivo de flores	16	0,1
PASTAGENS		
- Naturais	7.881	38,6
- Plantadas em boas condições	331	1,6
- Plantadas em más condições	122	0,6
MATAS OU FLORESTAS		
- Naturais	409	2,0
- Naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal	1.811	8,9
SISTEMAS AGROFLORESTAIS		
Área cultivada com espécies florestais também usadas para lavouras e pastoreio por animais	4.041	19,8
ÁREA IRRIGADA	1.947	9,5
Total	20.443	100

O mesmo padrão é identificado no município de Glória em que 8.334ha são de pastagens naturais ou plantadas, e 4.041 ha de sistemas agroflorestais (Tabela 2).

A presença relevante dos sistemas agroflorestais nestes municípios, manejo que privilegia processos agroecológicos (32,5% em Paulo Afonso e 19,8% em Glória), de certa forma, demonstra que os mesmos já incorporaram parte dos princípios da agroecologia na utilização de suas terras.

Conforme apresentado anteriormente, dois dos seis princípios da Agroecologia Tropical apresentados por Primavesi (2016) são a proteção do solo e o aumento da biodiversidade, as quais podem ocorrer de várias maneiras. No caso dos municípios em estudo, podem acontecer concomitantemente mediante arborização, extremamente funcional para as pastagens, abundantes nos municípios – 38,5% da área de Paulo Afonso e 40,8% da área de Glória abrigam pastagens. A arborização protege o solo da incidência direta dos raios solares, da evaporação superficial e subsuperficial excessivas, do intemperismo físico e da erosão, promove também o aumento da biodiversidade – diversificar a vegetação, diversifica a microvida do solo – e maior conforto para o gado, o que será recompensado pelo aumento na produção e produtividade.

A supracitada microvida do solo, que será diversificada e nutrida mediante a arborização, é crucial dado que ela forma os agregados e macroporos do solo - por onde entra ar e água- e mobiliza nutrientes.

No município de Paulo Afonso se destacam os cultivos de banana e coco-da-baía, seguidos por goiaba, manga e maracujá. O quarto conceito da Agroecologia Tropical trata sobre o aumento do sistema radicular, o qual pode se dar de várias maneiras, mas no caso do cultivo de goiaba, pode ocorrer mediante a aplicação de boro, que controlará a maior parte das doenças dessa cultura; não porque o boro agirá diretamente nas doenças, mas porque ele promove o crescimento vigoroso das raízes e, com isso, a planta encontra mais facilmente o mineral que estiver deficiente.

O boro também é importante para as demais plantas haja vista que a glicose produzida na planta não é móvel, por isso precisa ser transformada ou convertida em açúcar móvel, como a sacarose que é capaz de descer à raiz. Essa conversão se faz na presença de boro, razão pela qual ele é tão importante para o metabolismo das plantas.

No município de Glória os cultivos de banana e coco-da-baía são os mais expressivos, seguidos por mamão, manga e maracujá. Tanto nesse município quanto no município de Paulo Afonso, o sexto conceito da Agroecologia Tropical – contra o vento e as brisas – podem ser alcançados mediante a utilização das bananeiras para esse fim. Essa proteção preserva a umidade do ar no ambiente, bem como, evita os contrastes térmicos geradores de brisas locais.

No que tange ao cultivo de bananas, tanto no município de Paulo Afonso quanto no município de Glória, uma atitude agroecológica a ser adotada é usar o bagaço de banana da própria fazenda para adubar os próprios bananais; dessa forma, os bananais melhorarão de saúde graças ao composto e vão precisar de menos defensivos. O bagaço fica progressivamente com menos resíduos tóxicos. Novamente compostado e aplicado, o bagaço melhorará mais ainda a saúde das bananeiras - as quais necessitarão cada vez menos defensivos - até que em três a quatro anos, não necessitam mais. É importante frisar que caso se compre o bagaço da fábrica, sem conhecer a sua origem, geralmente se terá um bagaço com elevado teor em agrotóxicos e nunca se conseguirá um produto orgânico limpo.

Nas lavouras temporárias de Paulo Afonso, se destacam a abóbora, moranga e jerimum, mandioca, melancia, milho (grão) e palma forrageira. O milho, com maior destaque no cultivo, pode ser utilizado com a mesma finalidade que as bananeiras, ou seja, para a proteção aos demais cultivos e pastagens contra os ventos e brisas locais. Milho e abóbora possuem entre si uma relação sinérgica a qual deve ser estimulada, haja vista que a abóbora impede muitas plantas invasoras que geralmente aparecem no milho. No município de Glória os cultivos de mandioca e melancia são os mais importantes, seguidos da abóbora, moranga e jerimum, amendoim (com casca), cebola.

No que tange à pecuária, tanto os municípios de Paulo Afonso, quanto Glória, se destacam pela caprino-ovinocultura, sendo que em Paulo Afonso, o efetivo do rebanho de caprinos e ovinos soma 22.727 cabeças; enquanto que em Glória, 50.813 cabeças.

O constante pisoteio do solo das pastagens pelo rebanho resultará em um adensamento do solo, ou seja, os seus macroporos são entupidos por iluviação de argila lavada da camada superficial, o que faz com que água e ar entrem muito pouco ou nada. Nessas condições o solo é anaeróbico e como consequência temos que vários elementos químicos- que antes existiam normalmente no solo- tornem-se tóxicos, como é o caso do enxofre que em condições anaeróbicas, troca seu oxigênio por hidrogênio e torna-se SH₂ (gás sulfídrico). Esse adensamento do solo pode ser mitigado mediante a arborização com plantas que rompem a compactação como a crotalária (*Crotalaria juncea*), guandu (*Cajanus cajan* e *C. indicus*) e mucuna preta (*Mucuna aterrima*).

Outrossim, é recomendado a colocação de matéria orgânica na superfície do solo haja vista que ela o protege, nutre sua microvida aeróbica e é um condicionador da estrutura do solo (agregados). Descobriu-se que o capim, o mato dessecado que agora formava uma cobertura morta era muito vantajoso e evitava a erosão, tanto hídrica como eólica. Ademais, quanto mais espessa era a camada de palha que protegia a superfície, menos inços (plantas invasoras) nasciam e melhor o solo era “tamponado” ou amortecido contra a pressão das máquinas e do pisoteio dos animais.

Caso não haja a preocupação em mitigar a compactação/adensamento mediante arborização e colocação da matéria orgânica, o solo apresentará lajes subsuperficiais (*hardpan*)- que impedirão o crescimento radicular e estagnarão a água infiltrada; o solo tornar-se-á impermeável de forma que existirá ocorrências de enchentes e de secas, bem como a eliminação da camada fértil do solo.

É importante não esquecer que os municípios de Glória e Paulo Afonso estão localizados na RPGA-MC, uma das áreas mais secas da Bahia, com precipitações médias anuais entre 400 e 800 mm; mas graças ao efeito orográfico, configuram-se como enclaves semiúmidos. Não obstante, caso não haja uma preocupação em adotar os princípios agroecológicos, a tendência é o aumento da seca na região devido um manejo dos solos, plantas e animais insustentável e imoderado.

Os dados de uso e cobertura do solo, da coleção 6 do MapBiomias ratificam a relevância que as pastagens e as formações savânicas, assim como, os mosaicos de agricultura e pastagem, têm para os municípios de Paulo Afonso e Glória (Tabelas 3 e 4). Em 2000, Paulo Afonso, utilizava 67.389 hectares para pastagem, enquanto que em 2020 passou a utilizar 83.824 hectares; um aumento de 16.435 hectares- 10,7%. Em Glória, no ano de 2000, eram usados 41.118 hectares para pastagem, enquanto que em 2020, foram usados 48.371 hectares, um aumento de 7.253 hectares- 4,7%.

Tabela 3. Uso e cobertura do solo, em hectares, do município de Paulo Afonso – BA. Fonte: Coleção 6 do MapBiomias

	2000	2005	2010	2015	2020
1. Floresta	60.287	64.614	66.377	58.920	53.092
Formação savânica	60.256	64.427	66.194	58.448	51.996
Formação florestal	31	186	182	472	1.096
2. Formação natural não florestal	858	150	1.526	582	419
Formação campestre	858	150	1.526	582	419

	2000	2005	2010	2015	2020
Afloramento rochoso			1		
3. Agropecuária	86.292	83.327	80.118	88.105	94.774
Agricultura			11		1
Lavoura temporária			11		1
Outras lavouras temporárias			11		1
Mosaico de agricultura e pastagem	18.903	6.605	6.486	12.253	10.949
Pastagem	67.389	76.721	73.621	75.851	83.824
4. Área não vegetada	3.380	2.757	2.960	3.558	3.009
Outras áreas não vegetadas	882	166	271	755	123
Área urbanizada	2.497	2.591	2.689	2.804	2.886
5. Corpo d'água	3.625	3.594	3.461	3.276	3.148
Rio, lago e oceano	3.625	3.594	3.461	3.276	3.148
Total geral	154.442	154.442	154.442	154.442	154.442

Tabela 4. Uso e cobertura do solo, em hectares, do município de Glória - BA Fonte: Coleção 6 do MapBiomias.

	2000	2005	2010	2015	2020
1. Floresta	63.439	64.721	63.857	68.319	58.989
Formação savânica	63.412	64.598	63.643	67.901	58.334
Formação florestal	27	123	214	418	655
2. Formação natural não florestal	2.169	1.678	1.966	1.533	1.876
Formação campestre	2.169	1.678	1.966	1.532	1.876
Afloramento rochoso				1	
3. Agropecuária	74.128	73.066	74.014	70.788	80.423
Agricultura	12	82	259	789	1.180
Lavoura perene	11	82	257	776	1.136
Outras lavouras perenes	11	82	257	776	1.136
Lavoura temporária	1		2	13	44
Outras lavouras temporárias	1		2	13	44
Mosaico de agricultura e pastagem	32.998	23.788	19.297	25.151	30.872
Pastagem	41.118	49.196	54.459	44.848	48.371
4. Área não vegetada	816	969	927	1.439	622
Outras áreas não vegetadas	593	745	697	1.203	382
Área urbanizada	223	225	230	236	240
5. Corpo d'água	16.094	16.213	15.882	14.567	14.736
Rio, lago e oceano	16.094	16.213	15.882	14.567	14.736
Total geral	156.647	156.647	156.647	156.647	156.647

A formação savânica ocupava um espaço de 60.256 hectares no ano de 2000, em Paulo Afonso; em 2020, essa formação passou a ocupar 51.996 hectares, uma redução de 8.260 hectares. Felizmente, a formação florestal que em 2000 ocupava 31 hectares, passou a ocupar 1.096 hectares. Tal aumento, 0,68%, pode ser atribuído a uma conscientização sobre os serviços ecossistêmicos prestados pelos diferentes ecossistemas.

No município de Glória, a formação savânica ocupava, em 2000, 63.412 hectares e em 2020 passou a ocupar 58.334 hectares, ou seja, uma redução de 3,3%. Da mesma forma que em Paulo Afonso, a formação florestal de Glória cresceu de 27 hectares, em 2000, para 655, no ano de 2020, um aumento de 0,38%.

Tanto nas lavouras permanentes, quanto nas lavouras temporárias, e na pecuária, o rendimento pode ser maximizado mediante a aplicação dos seis conceitos da Agroecologia Tropical. A título de exemplo temos um estudo conduzido por Pretty et al. (2006) em que foram analisados 286 projetos de agricultura sustentável em 57 países pobres, o que totalizou uma superfície de 37 milhões de ha (3% da superfície cultivada nos países em desenvolvimento). Os autores concluíram que as técnicas que conservam recursos e utilizam poucos insumos externos aumentaram a produtividade de 12,6 milhões de propriedades agrícolas, com aumento médio de 79% nas colheitas, ao mesmo tempo em que houve melhoria na oferta de serviços ambientais essenciais. O aumento no rendimento foi de 1,7 t/ha anuais para 4,42 milhões de pequenos agricultores e agricultoras que cultivaram cereais e tubérculos (Nodari & Guerra, 2015).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os municípios de Glória e Paulo Afonso, localizados na Depressão do Leste, barlavento do tabuleiro de Tucano Norte, constituem-se como subespaços de exceção em meio à semiaridez da RPGA-MC, haja vista que as faces do barlavento são voltadas para leste, o que garante ao longo do dia uma menor intensidade de energia calorífica, diferente do setor a sotavento, exposto à forte incidência solar durante a tarde. Tal fato, somado a influência das isoietas de 500 e 600 mm, e a intensa incisão fluvial faz com que o barlavento do tabuleiro seja considerado um enclave semiúmido na RPGA-MC. A fim de não perderem as características geoecológicas locais que os tornam subespaços de exceção e favorecem o desenvolvimento da agropecuária urge que se adotem manejos dos solos lastreados na agroecologia tropical. Ressaltamos que no município de Glória, mais do que no município de Paulo Afonso, isso se faz necessário, em decorrência da maior dependência econômica da agropecuária.

Sabe-se que a seca pode ser mitigada ou amplificada de acordo com o manejo dos solos, das plantas e dos animais. Mesmo que estes sejam subespaços de exceção, os manejos dos solos impactam o microclima e o clima da região circundante. No município de Paulo Afonso, em 2020, foram utilizados 83.824 ha para as pastagens, já no município de Glória foram utilizados 48.371 ha. O manejo agroecológico dessas pastagens, com ênfase no sexto conceito agroecológico proposto por Primavesi (2017), que visa a proteção dos cultivos e pastos contra o vento e as brisas constantes, é urgente, haja vista que se verificou que a brisa constante - não precisa ser vento forte - pode retirar o equivalente de 750mm de chuva/ano. No caso da RPGA-MC, que apresenta em média 400-800 mm de chuva/ano, a região poderá ficar com um déficit de 350 mm de chuva/ano; caso o ano seja de 800 mm, a região ficará apenas com 50 mm de chuva/ano.

O pastejo contínuo de cabras no município de Paulo Afonso (efetivo de rebanho equivalente a 10.262 cabeças) e no município de Glória (30.407 cabeças) é um elemento que pode agravar a seca da região, pois impede o desenvolvimento de uma vegetação maior e mais densa (árvores que deveriam mitigar o vento constante que leva umidade do local) e desnuda o solo. Uma vez que o solo está desnudado, ocorre incidência solar direta, o que contribui para o superaquecimento do solo e sua esterilização (solarização). Outrossim, caso não haja um manejo agroecológico dessas pastagens e da caprino-ovinocultura, o solo ficará adensado e uma das consequências desse adensamento é que a água não se infiltrará, mas escorrerá, de forma a causar erosão e enchentes com subsequente seca, haja vista que a água da chuva não foi armazenada (ciclo curtíssimo da água).

Como já ressaltado por Ana Primavesi, a agricultura em si já é uma violência às estruturas e processos da natureza e seus serviços ecossistêmicos vitais para todas as formas de vida. A agricultura modificou significativamente os ecossistemas, de forma que implantou sistemas mecanicistas, não naturais, com visão de curtíssimo prazo, objetiva apenas lucros imediatos, que destroem o solo, os cursos de água, o clima e o futuro da humanidade.

Porém, há outro tipo de agricultura, uma agricultura da não violência, que trabalha com os ecossistemas, embora simplificados, a qual respeita a natureza, conserva os solos, os cursos de água, a paisagem e o clima, de forma que propicia uma produção ecológica e economicamente melhor e sustentável.

Obras faraônicas não garantem um futuro rutilante. Elas somente tentam encobrir todos os absurdos, erros e destruições que tornam as previsões sinistras. As atitudes que garantem um futuro rutilante são o respeito ao solo, o qual é a base de toda vida e de toda produção vegetal do planeta, à natureza, ao ambiente e ao próximo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altieri, M. A. (1999). *Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable*. Montevideo: Editorial Nordan-Comunidad.
- Campos, M. C. C. (2012). Relações solo-paisagem: conceitos, evolução e aplicações. *Ambiência* Guarapuava, Paraná, 8(3): 963-982.
- Carretero, E. M., & Méndez, E. (1992). La vegetación de la vertiente oriental de la Cordillera Real, Mendoza-Argentina. *Multequina* 1, Argentina, p. 99-106.
- Cavalcanti, I. F. A. et al. (2009). *Tempo e clima no Brasil*. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos.
- Christopherson, R. W; Birkeland, G. H. (2017). *Geossistemas: uma introdução à geografia física*. 9 ed. Porto Alegre: Bookman.
- Cima, E. G., & Amorim, L. S. B. (2007). Desenvolvimento regional e organização do espaço: uma análise do desenvolvimento local e regional através do processo de difusão de inovação. *Rev. FAE*, Curitiba, 10(2).

- Collaço, F. M. A., & Bermann, C. (2017). Perspectivas da Gestão de Energia em âmbito municipal no Brasil. *Estudos Avançados*, São Paulo, 31(89).
- Conti, J. B. A. (2005). A questão climática do nordeste brasileiro e os processos de desertificação. *Revista Brasileira de Climatologia*, Paraná, 1(1).
- Cunha, S. B., & Guerra, A. J. T. (2009). *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 9 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Galvani, E., & Oliveira, M. R. P. (2015). Avaliação do efeito orográfico na variação das precipitações no perfil longitudinal Paraty (RJ) e Campos do Jordão (SP). *Entre lugar, Minas Gerais*, 6(11).
- Guadagnin, P. M. A., Trentin, R., & Alves, F. S. (2015). Relação entre as variáveis geomorfométricas e a vegetação florestal na bacia hidrográfica do arroio Caverá-Oeste do RS. *Revista do Departamento de Geografia-USP*, São Paulo, 29: 246-261.
- IBGE (2022). *Cidades*. IBGE, 2022. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 17 jan.
- Jesus, E. L. (2005). Diferentes abordagens de agricultura não convencional: história e filosofia. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. (Ed.) *Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p.21-48.
- MAPBIOMAS (2022) *Estatísticas*, 2022. Disponível em: <<https://mapbiomas.org/estatisticas>>. Acesso em: 17 jan.
- Melo Filho, J. F., & Souza, A. L. V. (2006). O manejo e a conservação do solo no semi-árido baiano: desafios para a sustentabilidade. *Revista Bahia Agrícola*, Bahia, 7(3): 50-60.
- Mendonça, F., & Danni-Oliveira, I. M. (2007). *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil*. 1 ed. São Paulo: Oficina de textos.
- Nodari, R. O., & Guerra, M. P. A. (2015) *Agroecologia: estratégias de pesquisa e valores*. *Estudos Avançados*, São Paulo, 29.
- Primavesi, A. (2016). *Manual do solo vivo: solo sadio, planta sadia, ser humano sadio*. 2 ed. São Paulo: Expressão Popular.
- Souza, M. J. N., & Oliveira, V. P. V. (2006). Os enclaves úmidos e sub-úmidos do semi-árido do nordeste brasileiro. *Mercator - Revista de Geografia da UFC*, Fortaleza, n-09.
- Vale, R. M. C. (2018) *Das paisagens frágeis às terras excluídas dos sertões secos: a desertificação no submédio São Francisco, Bahia-Brasil*. 2018. 350f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade de Santiago de Compostela. Espanha.

Matéria orgânica como condicionante do solo

Recebido em: 17/09/2022

Aceito em: 20/09/2022

 10.46420/9786581460617cap7

Maria José de Holanda Leite^{1*} 

Andréa de Vasconcelos Freitas Pinto¹ 

Gabriela Gomes Ramos² 

Carmen Hellen da Silva Rocha³ 

Alciênia Silva Albuquerque² 

Denise Maria Santos⁴ 

Álvaro Martins de Carvalho Filho⁵ 

Bianca Maria Silva do Nascimento⁶ 

INTRODUÇÃO

A matéria orgânica do solo desempenha um papel fundamental na manutenção das funções do solo, dada a sua influência na estrutura e estabilidade do solo, retenção de água, biodiversidade e como fonte de nutrientes para as plantas. O solo é um compartimento terrestre que apresenta grande dinamismo em seus constituintes e está intimamente ligado às características e aos processos que ocorrem na atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera. A fase sólida é constituída da fração mineral e orgânica. A fração orgânica corresponde à matéria orgânica do solo (MOS), constituída basicamente por C, H, O, N, S e P. O carbono compreende cerca de 58% da MOS, H 6%, O 33%, enquanto que N, S e P contribuem com cerca de 3%, individualmente (Novais et al., 2007).

A presença de matéria orgânica é fundamental para a manutenção da micro e da mesobiota do solo, pois a ação dos decompositores sobre essa matéria vai devolver ao solo os nutrientes necessários para que os seres vivos que habitam o solo possam adquirir energia para sobreviver e também para manter o equilíbrio e a conservação do solo. Um solo, para ser considerado perfeito, precisa ter em sua constituição: 45% de minerais, 25% de ar ocupando seus poros, 26% de água e 5% de matéria orgânica e microrganismos (Novais et al., 2007).

É válido destacar que, a quantidade de matéria orgânica presente no solo é determinada pela ação de atividades humanas, pelos fatores climáticos e pela cobertura vegetal de uma área, portanto a

¹ Universidade Federal de Alagoas (UFAL), BR 104, Km 85, CEP: 57100-000, S/N - Mata do Rolo - Rio Largo, Alagoas, Brasil.

² Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), 52171-900, Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n - Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil.

³ Instituto Federal do Maranhão-IFMA, Brasil.

⁴ Instituto Dom José de Educação e Cultura, Brasil.

⁵ Centro Universitário Ateneu, Brasil.

⁶ Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Brasil.

* Autora correspondente: maryholanda@gmail.com

quantidade de matéria orgânica varia de acordo com a região sendo que encontrada em maior abundância em áreas de climas úmidos e temperados. Sabe-se que, o solo é um sistema aberto que concentra resíduos orgânicos de origem vegetal, animal e os produtos das transformações destes resíduos, sendo a vegetação a principal fonte de materiais orgânicos do solo. O tipo de vegetação e as condições ambientais são os fatores que determinam a quantidade e a qualidade do material que se deposita no solo. A decomposição destes materiais depende dos processos de transformação da matéria orgânica pelos organismos do solo (fauna e microrganismos), por meio dos quais pode-se avaliar a qualidade do solo (Mielniczuk, 2008).

A matéria orgânica pode ser definida como todo material orgânico de origem animal e, ou vegetal e aos produtos resultantes de seu processo de decomposição (littera, fragmentos de resíduos, biomassa microbiana, compostos solúveis e a matéria orgânica ligada intimamente aos argilomirenaís do solo, sendo estes essenciais à capacidade produtiva dos solos (Stevenson, 1994). Cabe salientar que, a MO fornece estrutura ao solo, aumenta a capacidade de acumulação de água e fornece nutrientes para as plantas, além de evitar que os nutrientes adicionados através dos fertilizantes sejam facilmente perdidos (Stevenson, 1994).

O declínio ou acréscimo da matéria orgânica do solo serve para avaliar a preservação dos ecossistemas naturais e o desequilíbrio do agroecossistema. O teor e a dinâmica da matéria orgânica são governados pelo clima, tipo de solo, tipo de vegetação e práticas de manejo. Para um mesmo tipo de solo, é o sistema de manejo que regula a qualidade e quantidade de matéria orgânica e, por consequência, a composição e atividade de organismos decompositores e as taxas de perda de carbono por mineralização, lixiviação e erosão (Melo, 2007). Para manejar os solos adequadamente é imprescindível que sejam conhecidos todos essas mudanças citadas acima.

MATÉRIA ORGÂNICA

O termo matéria orgânica do solo refere-se a todo material orgânico de origem animal e, ou vegetal e aos produtos resultantes de seu processo de decomposição, sendo essencial à capacidade produtiva dos solos (Melo, 2007). De 2 a 5% dessa matéria orgânica é constituída de organismos vivos. A matéria orgânica dá estrutura ao solo, aumenta a capacidade de acumulação de água e fornecer nutrientes para as plantas, além de evitar que os nutrientes adicionados através dos fertilizantes sejam facilmente perdidos.

O teor de carbono orgânico do solo é resultante do balanço entre incorporação e decomposição da matéria orgânica (Conceição et al., 2005). Na realidade, a matéria orgânica é o resultado da transformação dos resíduos das plantas, por intermédio dos organismos vivos do solo, e do próprio corpo desses organismos, que morrem e servem de alimento para os outros. A decomposição de restos culturais, com a consequente mineralização dos elementos, faz parte da ciclagem de nutrientes e, em solos tropicais de baixa fertilidade, essa ciclagem é indispensável à manutenção da produtividade. Desta forma, a matéria

orgânica do solo não somente é uma reserva de carbono, mas também, é a principal responsável pelos níveis de fertilidade da maioria dos solos tropicais.

O carbono é o elemento químico principal da matéria orgânica, constituindo geralmente de 40 a 45% da mesma. Alguns autores consideram o carbono orgânico total (CO_T) como o indicador mais importante da qualidade do solo e da agricultura sustentável, devido a sua estreita relação com as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Novais et al., 2007). Ainda segundo os mesmos autores, o carbono do solo se encontra em três tipos de material: (a) formas muito condensadas de composições próximas do carbono elementar (carvão vegetal, mineral e grafite), (b) resíduos de plantas, animais e microorganismos alterados e bastantes resistentes, denominados de “húmus” e “humatos” e, (c) resíduos orgânicos pouco alterados de vegetais, animais e microorganismos vivos e mortos que se decompõem rapidamente.

O nitrogênio constitui cerca de 5% da fração orgânica do solo e a sua dinâmica no solo é intimamente associada à dinâmica do carbono (C). Em linhas gerais, a quantidade de nitrogênio no solo é influenciada pelos mesmos fatores que atuam sobre o teor de matéria orgânica. Aproximadamente 98% desse elemento ocorre na forma orgânica e 2% na forma mineral. A disponibilidade de nitrogênio é fundamental para o crescimento vegetal, uma vez que as plantas são dependentes do suprimento adequado de nitrato e amônio do solo para sintetizar seus constituintes nitrogenados (Novais et al., 2007).

A relação C/N na matéria orgânica na camada arável do solo, normalmente varia de 8:1 a 15:1 com uma média de 10:1 a 12:1, sendo que, de maneira geral, a variação dessa proporção pode estar ligada às condições climáticas especialmente temperatura e pluviosidade, em solos administrados de forma semelhante. Esta proporção tende a ser mais reduzida, tanto em solos de regiões áridas e de regiões mais quentes, do que em solos de regiões úmidas e de regiões mais frias. Igualmente, a proporção é mais reduzida para os subsolos em geral do que para as camadas de superfície correspondentes (Moreira; Costa, 2004).

Sabe-se que, a dinâmica da matéria orgânica é governada pelo clima, tipo de solo, tipo de vegetação e práticas de manejo. Para um mesmo tipo de solo, é o sistema de manejo que regula a qualidade e quantidade de matéria orgânica e, por consequência, a composição e atividade de organismos decompositores e as taxas de perda de carbono por mineralização, lixiviação e erosão.

ORIGEM E NATUREZA DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

A MOS provém, em quase sua totalidade, dos organismos vegetais, cuja composição varia entre as diferentes espécies vegetais e, dentro da mesma espécie, com a idade da planta e animais existentes no solo. A matéria orgânica do solo pode ser definida com todo material orgânico, vegetal ou animal (liteira, fragmentos de resíduos, biomassa microbiana, compostos solúveis e a matéria orgânica ligada intimamente aos argilomirenais do solo (Stevenson, 1994). A vegetação representa o material a partir do qual ela principalmente se origina.

A fração orgânica do solo constitui um sistema muito complexo em que se encontram resíduos das plantas e animais em vários graus de decomposição, produtos excretados pelos organismos vivos e produtos de síntese originados à custa dos anteriores; inclui, além disso, microorganismos vivos que não é possível distinguir e separar do material orgânico morto.

Os constituintes minerais usualmente encontrados na cinza variam de 1-12%. A idade da planta influencia na proporção relativa dos componentes. Assim, plantas mais jovens são mais ricas em proteínas, minerais e na fração solúvel em água, enquanto, à medida que a planta envelhece, as frações celulose, hemicelulose e ligninas aumentam. Durante a decomposição da matéria orgânica pela ação de enzimas e microorganismos, alguns componentes são mais prontamente utilizados do que outros. A fração solúvel em água e proteínas são os primeiros compostos a serem metabolizados. A celulose e hemicelulose não desaparecem com a mesma intensidade, sendo a permanência destes compostos no solo muito curta. As ligninas são altamente resistentes, tornando-se, às vezes, relativamente mais abundantes na matéria orgânica em decomposição. A relação carbono/nitrogênio (C:N) pode determinar a cinética de decomposição.

Deve-se considerar a dinâmica da relação C:N sob dois aspectos: (a) relação C:N dos microorganismos e (b) relação C:N da matéria orgânica. No primeiro caso, verifica-se que a relação C:N das células microbianas varia bastante. Em termos médios pode-se considerar que nos fungos essa relação está em torno de 10:1, nos actinomicetos em torno de 8:1, nas bactérias aeróbicas igual a 5:1 e nas bactérias anaeróbicas igual a 6:1.

A MOS é a principal fonte de carbono (C) para os microorganismos, porém, nem todo C da matéria orgânica é transformado em célula microbiana. Grande parte se perde sob a forma de CO₂ decorrente de sua mineralização. A quantidade de C da matéria orgânica, assimilável pelos microorganismos do solo, é variável segundo o microorganismo ou grupos de microorganismos considerados. Em termos percentuais, têm-se os seguintes coeficientes assimilatórios do carbono orgânico total (COT): fungos (30-40%); actinomiceteos (15-30%) e bactérias (1-15%). Na prática, considera-se o coeficiente assimilatório do carbono orgânico em torno de 35% (Novais et al., 2007).

EVOLUÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA

No que se refere à evolução, o ciclo da decomposição da matéria orgânica pode ser rápido, como é o caso dos solos bem drenados, arejados e pouco ácidos ou, muito lento, nos solos com excesso de água ou ácidos. No primeiro caso, a atividade biológica se desenvolve fortemente por um grande número de microorganismos aeróbios, que promovem uma biodegradação rápida das matérias vegetais, e como produtos resultantes estão o dióxido de carbono (CO₂) e NH₃, que são liberados durante as transformações; e as substâncias solúveis ou insolúveis que, posteriormente, vão formar compostos húmicos mais ou menos polimerizados a depender do pH do meio (Vezzani; Mielniczuk, 2009).

Os compostos hidrossolúveis, preferencialmente os ácidos cítricos e málicos, não terão muito tempo no solo, pois, sob influência mineralizante de uma microflora muito ativa, desaparecem rapidamente em profundidade.

Nos solos submetidos a um regime hídrico temporário ou permanente, há uma fraca atividade dos microorganismos e conseqüentemente pouca decomposição dos produtos mal decompostos. O estado de anaerobiose no solo favorece uma evolução particular da matéria orgânica, com a liberação de elementos gasosos tais como: CO₂, NH₃ e algumas vezes de H₂ e CH₄. Os produtos de decomposição realizam apenas fenômenos de polimerização limitada, daí a produção dominante de produtos ácidos solúveis, de ácidos fúlvicos (AF), assim como, de ácidos húmicos (AH) marrons de fraco peso molecular (Vezzani; Mielniczuk, 2009).

A matéria orgânica evoluída sob influência da hidromorfia, onde não houve acúmulo de substâncias orgânicas pouco decompostas, apresenta na sua constituição uma maior proporção de compostos hidrossolúveis e de produtos fracamente polimerizados que nos solos bem drenados, o que favorecem o desenvolvimento de processos de redução e, em conseqüência, a migração de certos elementos minerais reduzidos, sob forma de complexos organo-metálicos. Esta particularidade da composição da matéria orgânica é atenuada em regiões tropicais com estações constrictantes, devido à forte dissecação sofrida pelos perfis de solo durante a estação seca, gerando, desta maneira, condições mais apropriadas à formação de substâncias húmicas mais estáveis, à polimerização dos ácidos húmicos (AH) e à diminuição dos ácidos fúlvicos (AF) (Vezzani; Mielniczuk, 2009).

No que diz respeito aos mecanismos de formação das substâncias húmicas, encontra-se na literatura dois tipos de abordagem, onde uma leva em consideração a depolimerização de biopolímeros que favorece a formação de matéria orgânica unificada (teoria clássica da decomposição da lignina e suas alterações posteriores) e a outra leva em consideração a polimerização de moléculas de pequeno tamanho (teoria dos polifenóis), que são liberadas durante a decomposição dos resíduos orgânicos (Silva; Mendonça, 2007). Atualmente existe um consenso no meio científico de que as substâncias húmicas são formadas por produtos de decomposição de resíduos vegetais e microbianos, que podem ser associados a micelas supramoleculares. Para se entender a gênese das substâncias húmicas, necessita-se de um estudo profundo dos processos que envolvem a humificação (reações químicas e transformações).

Segundo Silva e Mendonça (2007), as transformações do carbono do solo compreendem duas fases (fixação do C-CO₂ e regeneração). A primeira é efetuada por plantas, algas e bactérias autotróficas e a segunda, de regeneração, por microorganismos do solo.

PRINCIPAIS TIPOS DE MATÉRIA ORGÂNICA DOS SOLOS

Atendendo às condições em que a matéria orgânica se acumula e decompõe nos solos, ao seu teor e distribuição no perfil e, de maneira geral, às suas características morfológicas e físico-químicas,

bem como às dos horizontes em que se encontra, podem distinguir-se vários tipos de matéria orgânica dos solos.

Alguns autores preferem designar tais tipos de matéria orgânica por tipo de húmus, usando evidentemente o termo húmus em sentido lato, isto é, para abranger toda a MOS. Os tipos mais geralmente reconhecidos são, em solos de drenagem livre, o mull, o moder e o mor, e em condições de drenagem impedida, são formadas as turfas e o anmoor, os quais podem ser definidos como:

O Mull é um tipo de matéria orgânica mais ou menos intimamente associada à matéria mineral em que decresce com a profundidade, e o qual apresenta agregação de variável nitidez e estabilidade. Em geral tem pH superior ao do mor, mas não em todos os casos. Este tipo de húmus, inicialmente, era usado para definir o húmus de solos florestais, porém normalmente usa-se também em relação a outros solos. Este tipo de húmus pode ser dividido em Mull cálcico e Mull florestal. O Mull cálcico é característico de solos ricos em calcário ativo ou, pelo menos, em cálcio trocável (Ca^{2+}). Forma um horizonte A muito delgado e confere coloração negra a este horizonte que normalmente apresenta agregados relativamente grandes e muito estáveis, e no qual o teor de matéria orgânica decresce gradualmente com a profundidade. Na formação do Mull cálcico a transformação dos restos vegetais é rápida e sobretudo devida à ação de bactérias e actinomicetos. Forma-se grande proporção de AHs que mantem íntima ligação, em complexos argilo-húmicos, com minerais montmoriloníticos, o que dificulta a sua decomposição posterior por ação de microorganismos (Vezzani; Mielniczuk, 2009)..

O Mull florestal é característico de solos de florestas em condições de relativa abundância de bases, mas sem calcário. Distribui-se por todo horizonte A, que no geral é menos espesso do que no caso do Mull cálcico e com agregados menores e menos estáveis do que os ocorrentes em solos que apresentam o Mull cálcico.

A transformação dos detritos é rápida sobre a ação predominante de fungos. Há uma grande liberação de compostos amoniacais, mas a formação de ácidos húmicos é relativamente pouco ativa. A ligação argila-húmus, com este tipo de húmus é menos estável do que no caso do Mull cálcico.

O Moder é um tipo intermediário entre o mull e o mor. O Mor é o tipo de húmus dos Espodossolos, muito pobres em bases e proporciona baixa agregação aos solos. A mineralização dos detritos é lenta, com intervenção principalmente de fungos. A humificação é também muito lenta, originando uma pequena quantidade de AHs e de AFs que migram em profundidade provocando a eluviação de certos constituintes minerais.

O Anmor é o húmus característico de solos com problemas de drenagem como os Gleissolos. Há uma mistura íntima de matéria orgânica transformada e parcialmente humificada, com minerais argilosos. Podem-se distinguir dois tipos principais de Anmor: anmoor ácido ou oligotrófico, formado em meio pobre em bases, e anmoor cálcico ou mesotrófico, desenvolvido em meio rico em bases.

DINÂMICA E EVOLUÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA

As transformações que ocorrem desde a incorporação da matéria orgânica fresca até a formação das frações humificadas mais estáveis (huminas) compreendem a evolução da matéria orgânica nos solos (Guerra et al., 2008). A adição de matéria orgânica no solo ocorre pela deposição de resíduos orgânicos, principalmente de origem vegetal. Através da fotossíntese, as plantas captam o CO₂ atmosférico, fixando-o no tecido vegetal. Através da liberação de exsudatos radiculares no perfil do solo, durante a fase de crescimento dos vegetais, parte do C fixado fotossinteticamente é depositado no solo. O restante é incorporado ao solo pela adição de folhas ou de toda parte aérea das plantas, após a sua senescência.

Estas transformações foram separadas conceitualmente em dois processos básicos: a degradação ou mineralização e a humificação. A mineralização da matéria orgânica constitui a fase de perdas ocorridas durante a decomposição dos compostos orgânicos em duas prováveis etapas. A primeira, denominada de mineralização primária, compreendendo a transformação de cerca de 70-80% da matéria orgânica em moléculas simples, como CO₂ e 1+20, permanecendo no solo uma pequena quantidade de compostos fenólicos solúveis e compostos lignificados parcialmente transformados, a partir do qual irão se desenvolver os demais processos (Novais et al., 2007).

Segundo Guerra et al. (2008) existe ainda a possibilidade de degradação da matéria orgânica relativamente estabilizada. O nitrogênio (N) presente em cadeias alifáticas de moléculas orgânicas pouco condensadas, como as que ocorrem em AFs e AHs pode ser utilizado no metabolismo microbiano, caracterizando a mineralização secundária da MOS.

Após a mineralização da matéria orgânica fresca, compostos fenólicos solúveis e os tecidos lignificados pouco transformados são estabilizados por processos biofísico-químicos formando as substâncias húmicas. Assim, a dinâmica da MOS é governada principalmente pela adição de resíduos orgânicos diversos e pela contínua transformação destes sob ação dos fatores: físicos, químicos, biológicos, climáticos e do uso e manejo da terra. Também exercem influência os fatores de formação do solo (Novais et al., 2007).

É válido destacar que, a produtividade biológica das plantas e as condições edafoclimáticas condicionam a quantidade de C adicionada ao solo em sistemas agrícolas. Após a deposição dos resíduos vegetais ao solo, os mesmos, são atacados inicialmente pela fauna do solo e em seguida pelos microorganismos decompositores, sendo os compostos orgânicos fonte de carbono e energia para o metabolismo destes. Grande parte do carbono é perdida para a atmosfera na forma de CO₂, sendo que apenas uma pequena parte dos produtos resultantes da decomposição é convertida às substâncias húmicas.

As adições de C dependem da quantidade de resíduos vegetais aportados ao solo e as perdas do mesmo estão ligadas à ação da atividade microbiana e dos processos de lixiviação de compostos solúveis (Guerra et al., 2008).

Sabe-se que, a matéria orgânica do solo refere-se ao material orgânico total do solo, incluindo os resíduos identificáveis de plantas, resíduos de animais do solo e microorganismos, matéria orgânica dissolvida, exsudatos radiculares e substâncias húmicas macromoleculares.

COMPARTIMENTOS DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

Alguns pesquisadores destacam que a diversidade quanto a quantidade e qualidade (celulose, hemicelulose, ligninas, gorduras, ceras etc) dos resíduos adicionados ao solo, definem suas vias de transformação e estabilização e, conseqüentemente, são responsáveis pela formação dos diferentes compartimentos da MOS.

É sabido que existe uma diversidade de critérios utilizados para a definição desses compartimentos, permitindo a classificação devido ao método operacional de obtenção ou ao seu caráter funcional (reatividade). Silva e Mendonça (2007), destacam como compartimentos da matéria orgânica, a matéria orgânica viva (células de organismos vivos), onde a biomassa microbiana é a principal representante. Matéria orgânica não viva (matéria orgânica leve ou microrgânica ou particulada, húmus e carvão). O húmus consiste de 70% de substâncias húmicas e 30% de substâncias não húmicas que encontram-se fortemente associados no ambiente edáfico e não são totalmente separados pelos processos tradicionais de fracionamento.

A matéria orgânica pode ser dividida em fração ativa e passiva, sendo a primeira composta por substâncias húmicas de baixo peso molecular, por resíduos de plantas e animais (ração leve ou particulada) e seus produtos primários de decomposição, e pela biomassa microbiana. A fração ativa é também denominada lábil, representando 1/3 a 1/4 da matéria orgânica total do solo em regiões temperadas, sendo geralmente menor em regiões tropicais.

O carbono lábil corresponde às formas que seriam de fácil mineralização pelos microorganismos do solo (carbono orgânico solúvel ou dissolvido), servindo de fonte de nutrientes às plantas e de energia e C aos micro-organismos do solo (Silva; Mendonça, 2007). Existem diferentes metodologias para a obtenção e caracterização das porções mais lábeis da MOS, entre elas, de acordo com Pillon et al (2000), estão: a matéria orgânica particulada (MOp), separada por peneiramento após a dispersão do solo com haxametáfosfato de sódio (5 g L^{-1}) ($> 53\mu\text{m}$) e a matéria orgânica leve (MOL), obtida por flotação em solução de NaI com densidade $1,7 \text{ g cm}^{-3}$

As substâncias húmicas (ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina) e outras macromoléculas orgânicas intrinsecamente resistentes ao ataque microbiano (lignina) compõem a fração estável, sendo a mesma protegida pela associação com componentes minerais do solo ou podendo estar intragregado de forma inacessível aos microorganismos (Silva; Mendonça, 2007).

Estudos têm demonstrado que determinados compartimentos da MOS são capazes de detectar, mais rapidamente, as mudanças nos conteúdos de C no solo associadas a diferentes usos agrícolas do solo e das culturas agrícolas. As reduções nestes compartimentos são, de modo geral, maiores que as

observadas, quando se considera apenas o conteúdo total de C do solo. Dentre os compartimentos o carbono lábil (CL) apresenta alta taxa de decomposição e um curto período de permanência no solo, e sua principal função é o fornecimento de nutrientes às plantas pela mineralização, além de energia e C aos microrganismos do solo.

O uso e manejo do solo podem afetar as outras frações da MOS, que são as frações recalcitrantes, essas são intituladas substâncias húmicas (SHs) que são exatamente aquelas que vão significar a manutenção do teor de MOS, com todos os reflexos desejáveis disso em termos da funcionalidade do sistema.

A MATÉRIA ORGÂNICA COMO INDICADOR DA QUALIDADE DO SOLO

A qualidade do solo (QS) consiste na sua capacidade de funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, para sustentar a produtividade de plantas e de animais, manter ou aumentar a qualidade do ar e da água e promover a saúde das plantas e de animais e dos homens. Desta forma, manter ou aumentar a qualidade do solo é um fator chave para a sustentabilidade do solo.

A qualidade de um solo está relacionada ao seu grau de aptidão a um uso específico, que é dependente das práticas agrícolas adotadas e da composição natural do solo.

Solos com melhor qualidade, não apenas produzirão mais alimentos e fibra para a crescente população mundial, mas também terão grande papel na estabilidade dos ecossistemas naturais, melhorando a qualidade do ar e da água. Mudanças no uso do solo, especialmente cultivo em áreas desflorestadas, rapidamente diminuem a qualidade do solo, em função de alterações em componentes sensíveis à desestabilização do sistema, principalmente relacionados ao revolvimento do solo, e redução das taxas de entrada de resíduos pela retirada da mata (Guerra et al., 2008).

O sucesso de esforços e práticas conservacionistas em manter a qualidade do solo, depende do entendimento de como o solo irá responder a determinado uso ou prática em um certo tempo. Sistemas de cultivo com intensa mobilização do solo, desflorestamento, queima de campos naturais, destacam-se por proporcionarem diminuição na quantidade de MOS e conseqüentemente redução na qualidade do solo.

Os indicadores de qualidade do solo formam um conjunto de dados mínimos que são utilizados para avaliar o comportamento das principais funções do solo. Um bom indicador deve integrar processos e propriedades físicas, químicas e/ou biológicas do solo, ser acessível aos diferentes usuários e aplicável em diversas condições de campo e ser sensível às variações de manejo e clima.

A influência da matéria orgânica sobre as características do solo e a sensibilidade às práticas de manejo determina que ela seja considerada uma das principais propriedades na avaliação da qualidade do solo.

O solo, como sistema aberto não atinge qualidade por si só num sistema de exploração agrícola, mas sim, pela eficiência do funcionamento do sistema solo-planta-microrganismos. Assim, o manejo do

solo é um dos principais fatores que definem a qualidade do solo e a sustentabilidade de um sistema de produção. No entanto, para avaliar a qualidade do solo (QS) é necessário que se eleja algumas propriedades do solo a serem monitoradas como indicadores. Para uma propriedade ser um eficiente indicador de QS é necessário que este seja sensível às variações do manejo e bem correlacionado com as funções desempenhadas pelo solo.

Assim, os possíveis indicadores de QS podem ser distintos em três grupos, a saber: 1) efêmeros, cujas alterações se dão rapidamente no tempo segundo o manejo, entre eles: pH, disponibilidade de nutrientes, densidade, porosidade e umidade do solo; 2) intermediários, possuindo forte influência nos processos que ocorrem no solo, tais como: matéria orgânica do solo, agregação e biomassa microbiana; e 3) permanentes, que são inerentes ao solo, como: profundidade, textura e mineralogia. Dentre estes, os indicadores do grupo intermediário são os mais aptos a serem utilizados como ferramentas de monitoramento da QS, pois além de satisfazer o requisito básico de ser sensível a modificações pelo manejo do solo, é ainda fonte primária de nutrientes às plantas, influenciando na infiltração, retenção de água e susceptibilidade à erosão (Conceição et al., 2005).

Desta forma, a manutenção do seu conteúdo original ou o seu incremento, devem ser a premissa de qualquer sistema de manejo que busque a sustentabilidade. De modo que, a decomposição da matéria orgânica nos solos tropicais ou subtropicais de climas úmidos ocorre rapidamente, sendo que uma redução excessiva no seu teor afetará negativamente as funções química, física e biológica deste solo, redundando em diminuição na produtividade das culturas.

IMPORTÂNCIA E EFEITO SOB A QUALIDADE E FERTILIDADE DO SOLO

Os conceitos modernos de qualidade do solo (QS) e sustentabilidade agrícola têm sido abordados de maneira ampla, visto que incluem a necessidade de aumentar produtividade agrícola, a preservação dos recursos naturais e a qualidade ambiental. Assim, a qualidade do solo pode ser definida como a capacidade de funcionamento, dentro do ecossistema e das limitações de uso, a qual permite a sustentabilidade biológica e favorece a manutenção e sobrevivência de plantas, de animais e do homem. Essa qualidade é verificada pela interação dos três atributos: físico, químico e biológico, o que atribui à matéria orgânica um importante papel como componente dos agroecossistemas para promover sustentabilidade agrícola.

A MOS é considerada um dos indicadores mais úteis para avaliação da qualidade do solo, pois sua interação com diversos componentes do solo exerce efeito direto na retenção de água no solo, formação de agregados, densidade do solo (Ds), pH, capacidade tampão, capacidade de troca catiônica (CTC), mineralização, sorção de metais pesados, pesticidas e outros agroquímicos, infiltração, aeração e atividade microbiana. Essa importância deve-se ao fato da MOS apresentar-se como um sistema complexo de substâncias, cuja dinâmica é governada pela adição de resíduos orgânicos de diversas naturezas e por transformações contínuas sob ação de fatores biológicos, químicos e físicos e recíproca

interação com os diferentes atributos. Além disso, a MOS é sensível às práticas de manejo, sendo eficiente no monitoramento de mudanças da QS no tempo (Guerra et al., 2008).

Vezzani e Mielniczuk (2009) analisando o estado da arte em QS relataram diversos trabalhos que vêm sendo realizados para identificar qual componente da MOS melhor representa os critérios exigidos para constituir um índice de QS, entre eles foram citados os teores de C e N nas frações total, MOP, biomassa microbiana do solo (BMS), fração leve, fração < 53 µm, o C lábil, o C e o N mineralizáveis, carboidratos e enzimas do solo. Associando-se aos conceitos modernos de qualidade do solo e sustentabilidade do ambiente e ou sustentabilidade agrícola emerge um conceito de "fertilidade do solo", no qual, segundo Denardin et al. (2012), a biologia e as propriedades físicas do solo, bem como as propriedades químicas e a prevenção de perdas de qualquer ordem, seja por erosão, lixiviação, volatilização e eluviação, desempenham papéis preponderantes, constituindo-se um referencial para a gestão conservacionista de sistemas agrícolas produtivos.

Assim, partindo-se da base conceitual da sustentabilidade do ambiente, sustentabilidade agrícola, qualidade do solo e "fertilidade do solo" e para melhor compreender a importância da MOS nos sistemas, a seguir serão descritas as suas relações com os atributos biológicos, físicos e químicos do solo. Salienta-se que essa separação é meramente didática, pois a matéria orgânica integra processos contínuos entre energia e matéria no ambiente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A matéria orgânica como condicionante do solo é essencial para a manutenção das suas funções. As práticas agrícolas e florestais com impacto no solo devem, portanto, ser adaptadas de forma a promover a sua manutenção ou aumento.

A matéria orgânica do solo desempenha um papel importante na sustentabilidade dos solos, influenciando os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, com reflexo na estabilidade da produtividade dos agroecossistemas. Por relacionar-se a múltiplos aspectos do ambiente e do solo, a matéria orgânica pode ser alterada com maior ou menor intensidade, dependendo do sistema utilizado, o que a torna um dos principais indicadores da qualidade do solo. O aumento dos teores de matéria orgânica do solo geralmente relaciona-se com o aumento na eficiência de utilização dos nutrientes, levando a um aumento na produtividade das culturas.

Há várias práticas de manejo que contribuem para o incremento da matéria orgânica do solo e sustentabilidade agrícola, incluindo, sistema de plantio direto, utilização de culturas de cobertura e pousio, rotação de culturas, sistemas agroflorestais, sistemas de integração lavoura pecuária, entre outros. Porém, considerando a diversidade edafoclimáticas existente entre os agroecossistemas, para cada região deve-se optar por sistemas de manejo adaptáveis as condições locais específicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Conceição, P.C. et al. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 29, n. 5, p. 777-788, 2005.
- Denardin, J.E.; Kochhann, R.A.; Faganello, A.; Santi, A; De-Nardin, N.A.; Wietholter, S. Diretrizes do sistema plantio direto no contexto da agricultura conservacionista. Passo Fundo: Embrapa Trigo, Documentos online 141, 15 p., 2012.
- Guerra, J.G.M.; Santos, G A.; Silva, L.S.; Camargo, F.A.O. Macromoléculas e substâncias húmicas. In: Santos, G A.; Silva, L.S.; Canellas, L.P.; Camargo, F.A.O. *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, p. 19-26, 2008.
- Melo, V.S. Avaliação da qualidade dos solos em sistemas de floresta primária-capoeirapastagem na Amazônia Oriental por meio de indicadores de sustentabilidade microbiológicos e bioquímicos. 2007. 145p. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – UFRA, Belém, 2007.
- Mielniczuk, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. In: Santos, G A.; Silva, L.S.; Canellas, L.P. & Camargo, F.A.O., eds. *Fundamentos da matéria orgânica do solo - ecossistemas tropicais e subtropicais*. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, p. 1-5., 2008.
- Moreira, A.; Costa, D. G. Dinâmica da matéria orgânica na recuperação de clareiras da floresta amazônica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v.39 n. 10, p. 1013-1019, 2004.
- Novais, R.F. et al. Fertilidade do solo. *Sociedade Brasileira de Ciências do Solo*, Viçosa. p.1017, 2007.
- Silva, I.V.; Mendonça, E. S.À. Matéria orgânica do solo. In: Novas, R. F; Alvarez V., V. H.; Barros, N. E, Fontes, R. L. E; Cantarutti, R. B. & Neves, J. C. L. *Fertilidade do solo*. I. ed., Viçosa: SBCS, p. 275-374, 2007.
- Stevenson, F.J. *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions*. 2th ed. John Wiley and Sons, Inc., New York, NY, 1994.
- Vezzani, F.M.; Mielniczuk, J. Uma visão sobre qualidade do solo. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, v. 33, p. 743-755, 2009.

Índice Remissivo

A

adubação, 36, 38, 40, 43
agroecologia, 69

C

cinética de dessorção, 6, 11

E

Economia, 21, 22

F

fertilizantes, 36

G

grãos, 38, 39, 40, 41, 42, 43

M

matéria orgânica, 81, 87
melhoramento genético, 46

P

produção, 36, 39, 42, 43

T

tabuleiro, 69

Sobre os organizadores



  **Alan Mario Zuffo**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (2010) na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Mestre (2013) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal do Piauí (UFPI). Doutor (2016) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal de Lavras (UFLA). Pós - Doutorado (2018) em Agronomia na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). Atualmente, possui 165 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 127 resumos simples/expandidos, 66 organizações de e-books, 45 capítulos de e-books. É editor chefe da Pantanal editora e revisor de 18 revistas nacionais e internacionais. Professor adjunto na UEMA em Balsas. Contato: alan_zuffo@hotmail.com.



  **Jorge González Aguilera**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (1996) na Universidad de Granma (UG), Bayamo, Cuba. Especialista em Biotecnologia (2002) pela Universidad de Oriente (UO), Santiago de Cuba, Cuba. Mestre (2007) em Fitotecnia na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Doutor (2011) em Genética e Melhoramento de Plantas na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Pós - Doutorado (2016) em Genética e Melhoramento de Plantas na EMBRAPA Trigo, Rio Grande do Sul, Brasil. Professor Visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no campus Chapadão do Sul (CPCS), MS, Brasil. Atualmente, possui 74 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 29 resumos simples/expandidos, 50 organizações de e-books, 37 capítulos de e-books. É editor da Pantanal Editora e da Revista Agrária Acadêmica, e revisor de 19 revistas nacionais e internacionais. Contato: j51173@yahoo.com, jorge.aguilera@ufms.br.



Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp)
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br

