

ATIVIDADE MICROBIANA EM LATOSSOLO EM FUNÇÃO DA SALINIDADE

F. C. M. Freitas¹, C. E. Maia²

RESUMO: A salinidade é fator preocupante de degradação do solo e é uma ameaça às comunidades microbianas, pois restringe a capacidade metabólica dos microrganismos à biodegradação. O presente estudo objetivou avaliar a atividade microbiana em Latossolo Vermelho Eutrófico de área agrícola localizadas no estado do Rio Grande do Norte. O solo foi distribuído em frascos hermeticamente fechados, organizados em Delineamento em Blocos Casualizados (DBC) e arranjados em esquema fatorial 5 x 2, sendo cinco condutividade elétrica no estrato de saturação (CEes) e duas doses de matéria orgânica (presença e ausência), com três repetições. A avaliação indireta da atividade microbiana foi determinada de acordo com a Norma Especifica do Método Respirométrico de Bartha, adaptada. O experimento, conduzido por 133 dias de incubação, constatou produção de CO₂ maior no tratamento com a maior CEes e sempre maior nos tratamentos com adição de matéria orgânica do que na sua ausência. Isto sugere adaptação da microbiota local à salinidade e que a introdução de matéria orgânica minimiza os efeitos negativos da salinidade sobre a comunidade microbiana, por isso, a mineralização, mesmo em altas condições salinas.

PALAVRAS-CHAVE: respirometria, microbiologia do solo, tolerância à salinidade

MICROBIAL ACTIVITY IN OXISOL AS A FUNCTION OF SALINITY

ABSTRACT: Salinity is a cause of concern for soil degradation and is a threat to microbial communities, as it restricts the metabolic capacity of microorganisms to biodegradation. The present study aimed to evaluate the microbial activity in Oxisol of agricultural area located in the state of Rio Grande do Norte. The soil was distributed in hermetically sealed bottles, arranged in a randomized block design (DBC) and arranged in a 5 x 2 factorial scheme, with five electrical conductivity of the saturation paste extract (ECe) and two doses of organic matter (presence and absence), with three replicates. The indirect evaluation of microbial activity was determined according to the Bartha Respirometric, adapted. The experiment, conducted for 133

¹ Mestre, Agente Local de Inovação SEBRAE/CNPq, Mossoró - Rio Grande do Norte. E-mail: freitas.fcm@hotmail.com

² Doutor em Recursos Naturais/UFCEG, professor associado UFERSA, Mossoró - RN. E-mail: celsemy@ufersa.edu.br

days of incubation, found higher CO₂ production in the treatment with the highest EC and always higher in the treatments with addition of organic matter than in its absence. This suggests the adaptation of the local microbiota to the salinity and that the introduction of organic matter minimizes the negative effects of salinity in the microbial community, hence, the mineralization, even under high salt conditions.

KEYWORDS: respirometry, soil microbiology, salinity tolerance

INTRODUÇÃO

A ocorrência de solos salinos é comum nas regiões áridas e semiáridas em razão da baixa precipitação pluvial e da alta taxa de evaporação (Bezerra *et al.*, 2010). Alguns solos se apresentam salinizados por natureza, mas, podem resultar do uso incorreto de técnicas agrícolas, como adubação e irrigação excessivas e, com elas, intensificar a problemática (Silva Júnior *et al.*, 2009).

Um solo é descrito salino quando a CE (condutividade elétrica) medida na pasta de saturação é maior do que 4 dS m⁻¹, como também, quando a PST (porcentagem de sódio trocável) é menor que 15% e o pH (potencial hidrogeniônico) é menor que 8,5 (Bohn *et al.*, 2001). Quando o nível de salinidade no solo é elevado, uma porção significativa do substrato se torna mais difícil à extração para a oxidação microbiana. Isto implica dizer que a dinâmica da matéria orgânica, dos ciclos biogeoquímicos e a nutrição das plantas serão prejudicadas, pelo motivo de, como se sabe, os materiais orgânicos adicionados ao solo deverem ser decompostos para que todos os ciclos biogeoquímicos continuem ocorrendo no ambiente (Rath e Rousk, 2015). Solos salinos, contudo, não dificultam apenas a extração de matéria orgânica à decomposição, mas também constituem fator que inibe a taxa de respiração, pois, nessas condições, a capacidade metabólica se encontra restrita (Wichern *et al.*, 2006), ou seja, solos salinos prejudicam a atividade microbiana pela baixa capacidade de extração de matéria orgânica - que depende ainda da sua solubilidade no meio ambiente -, como também pelo efeito negativo direto da salinidade sobre a microbiota (Rath e Rousk, 2015).

Na realização da decomposição da matéria orgânica, os microrganismos apresentam taxa respiratória elevada - indicando alta atividade biológica (Wichern *et al.*, 2006; Bezerra *et al.*, 2010). Apesar da ineficiente atividade nos solos salinos, há um elevado gasto de energia por parte dos microrganismos nos mecanismos de ajustes internos ao aumento da concentração de sais no ambiente. A fim de manter a turgescência celular e evitar a desidratação microbiana,

observa-se acumulação ou produção de solutos no citoplasma como mecanismos de adaptação (Rath e Rousk, 2015) - aqui, a desvantagem é o desvio de energia para a sobrevivência em vez de utilizá-la nos mecanismos de crescimento (Schimel *et al.*, 2007).

Apesar da importância do assunto, a atividade microbiológica em ambientes salinos é pouco conhecida, pois, sobre salinidade, a maioria dos estudos se relaciona com os efeitos da salinidade no crescimento das plantas, na química e nas propriedades físicas do solo (Rath e Rousk, 2015). Portanto, o presente trabalho objetivou avaliar a atividade microbiana em solo de área agrícola do estado do Rio Grande do Norte, em função da salinidade, na presença e na ausência de matéria orgânica.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida com solo Latossolo Vermelho Eutrófico (Embrapa, 2006) de área agrícola localizada no estado do Rio Grande do Norte. Segundo a classificação de Köppen, o clima dessa região é do tipo BSw'h, o qual indica um ambiente quente e seco, com temperatura média anual de 27,4°C e umidade relativa média de 68,9%, apresentando, ainda, estação chuvosa no verão e precipitação pluviométrica anual bastante irregular, com média de 673,9 mm (Carmo Filho e Oliveira, 1995).

O solo coletado foi encaminhado para o Núcleo de Estudos Ambientais, localizado no Campus Leste da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Mossoró, Rio Grande do Norte, onde foi disposto a secagem em temperatura ambiente e, quando seco, peneirado a uma malha de 2 mm. Para a salinização do solo, este foi saturado com uma mistura de água destilada e água do mar nas concentrações de 0%, 2,5%, 5%, 10% e 15% (v/v). Esperou-se a evaporação da água e a secagem completa do solo. Posteriormente, a condutividade elétrica no estrato de saturação (CEes) do solo nas cinco percentagens de diluição da água do mar, foi obtida através da pasta de saturação, de acordo com a Embrapa (1999) e, foi de 1,15, 1,60, 3,31, 4,65 e 8,25 dS m⁻¹, respectivamente.

De cada tratamento foi retirado uma amostra de 600 g de solo e, esta, distribuída em 6 (seis) frascos de vidro (100 g em cada um deles). Desses 6 (seis) frascos, 3 (três) foram enriquecidos com 2% de matéria orgânica (presença de matéria orgânica) (p/p) e os outros 3 (três) não receberam matéria orgânica (ausência de matéria orgânica). O material orgânico utilizado foi produto da compostagem (restos vegetais), produzido no viveiro municipal da Prefeitura de Mossoró, Rio Grande do Norte.

O solo Latossolo Vermelho Eutrófico foi distribuído em frascos hermeticamente fechados, organizados em Delineamento em Blocos Casualizados (DBC) e arrançados em esquema fatorial 5 x 2, sendo cinco condutividade elétrica no estrato de saturação (CEes) e duas doses de matéria orgânica (presença e ausência). Cada tratamento foi testado em triplicata, totalizando, desta forma, 30 parcelas.

A avaliação da atividade microbiana foi determinada de forma indireta, de acordo com a Norma Especifica do Método Respirométrico de Bartha (ABNT, 1999), adaptada. O CO₂ liberado foi quantificado pela sua captura na amostra de solo em uma solução com 20 mL de NaOH 0,5 M e sua quantificação por titulação com HCl (ácido clorídrico), utilizando solução indicadora Fenolftaleína 1%. Com o valor de HCl gasto, foi possível quantificar a produção de C-CO₂ liberado por grama de solo seco, através da metodologia de Stotzky (1965), aplicada em cada parcela avaliada. O procedimento experimental foi complementado com uma prova em branco, ou seja, frasco sem solo, com 3 (três) repetições. A avaliação foi realizada quinzenalmente (total de 133 dias de experimento), período em que os valores de CO₂ se estabilizaram.

No presente trabalho foi feita a análise de regressão para a produção de CO₂, em diferentes condutividades elétricas e, na presença e ausência de matéria orgânica em função do tempo de incubação. Para avaliar a produção de CO₂ em função do tempo, foi ajustado o modelo proposto por Maia *et al.* (2009), de acordo com a equação 1, em que, CO₂ e CO_{2max} é a porcentagem de produção de CO₂ no tempo t e a máxima produção estimada, respectivamente; α e n são parâmetros do modelo ajustados pela metodologia de regressão não linear, com α em dia⁻¹ e n é o fator de forma e adimensional.

$$CO_2 = CO_{2max} - \frac{CO_{2max}}{1 + (\alpha \cdot T)^n} \quad (1)$$

A taxa de produção de CO₂ absoluta (TCO₂) foi estimada pela equação 2. O tempo para a produção de TCO₂ máxima (t.TCO_{2max}) e para a produção de CO₂ em 50% da máxima (t.CO₂50%) e, a taxa de produção de CO₂ absoluta máxima (T CO_{2max}), foram calculados pelas equações 3, 4 e 5, respectivamente.

$$TCO_2 = \frac{CO_{2max} \cdot n \cdot \alpha^n \cdot T^{n-1}}{[1 + (\alpha \cdot T)^n]^2} \quad (2)$$

$$t.CO_{2max} = \frac{1}{\alpha} \left[\frac{n-1}{n+1} \right]^{1/n} \quad (3)$$

$$t.CO_2 50\% = \frac{1}{\alpha} \quad (4)$$

$$TCO_{2\max} = \frac{CO_{2\max} \cdot \alpha^n \cdot (n+1)^2}{4 \cdot n} \cdot (T.TCO_{2\max})^{n-1} \quad (5)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que, para a mesma CEes, a produção de CO₂max no solo foi sempre maior nos tratamentos com adição de matéria orgânica do que na sua ausência (Tabela 1). Isto provavelmente ocorreu porque há mais resíduos orgânicos para serem decompostos e, conseqüentemente, mais matéria orgânica para produzir CO₂. Silva Júnior *et al.* (2009) perceberam o mesmo quando observaram que, independentemente do nível de salinidade aplicado a cada tratamento, a quantidade de C-mineralizado no solo incubado aumentou em função da adubação com pó de coco seco e vermicomposto em relação ao solo não adubado.

No que se refere ao tempo para produzir 50% da produção máxima de CO₂ (t.CO₂50%), a testemunha (T00) demandou menor tempo (39 dias, aproximadamente) (Tabela 1). A testemunha, por não ter recebido influência da salinidade, apresenta comunidade mais eficiente no uso de C como recurso (Rietz e Haynes, 2003). Isto explica os altos valores da atividade microbiana em T00 em relação aos tratamentos sem matéria orgânica, como também sua menor demanda no t.CO₂50% e sua maior taxa respiratória (TCO₂max) observada nos primeiros dias de experimento. Contudo, Carvalho (2005) concluiu que na medida em que determinada biomassa microbiana se torna eficiente, menos carbono é perdido pela respiração e uma fração maior de C é incorporada à biomassa microbiana, o que justifica os valores baixos da produção de CO₂ em T01, em relação aos tratamentos com matéria orgânica, ou seja, a baixa produção de CO₂ foi possivelmente devido à incorporação de C à biomassa microbiana quando na sua atividade, inclusive porque as condições, de salinidade e de matéria orgânica, estavam propícias para isso.

A Figura 1 ilustra as informações da Tabela 1 e demonstra que, para os tratamentos sem matéria orgânica, o tratamento T40 obteve a maior atividade microbiana com 378,71 mg kg⁻¹, seguida do T00, T10, T20 e T30 (Figura 1A). Na presença de matéria orgânica, a maior produção de CO₂ foi em T41 com 535,33 mg kg⁻¹, e menor em T11 com 362,01 mg kg⁻¹ (Figura 1C). Logo, a maior produção de CO₂ foi encontrada nos tratamentos com a maior CEes, sem e com matéria orgânica, resultado contrário aos achados por Asghar *et al.* (2012) e Yan e Marschner (2012), nos quais a atividade microbiana do solo foi negativamente afetada pela

salinidade. No presente estudo, o resultado pode ser explicado devido à influência da matéria orgânica do próprio solo e da incorporação feita *in loco* com produtos orgânicos e restos vegetais, visto que o solo estudado foi coletado em uma região agrícola onde se desenvolve a agricultura irrigada, que, possivelmente, apresenta matéria orgânica do solo com baixa relação C/N. Silva Júnior *et al.* (2009) verificaram que, quando o solo foi incubado com pó de coco seco, houve um aumento significativo na produção de CO₂ com o aumento da salinidade. Isto significa que a introdução de matéria orgânica minimizou os efeitos negativos da salinidade sobre a comunidade microbiana e, por isso, a mineralização, mesmo em altas condições salinas (Silva Júnior *et al.*, 2009). Adicionalmente, no tempo, pode ter ocorrido o aumento da biomassa que, por sua vez, contribui para aumento da atividade microbiana - isto é sugerido inclusive porque T40 e T41 demandaram mais dias para t.CO₂50%. Wichern *et al.* (2006) verificaram que o aumento da biomassa microbiana ocorre com a adição de matéria orgânica, pois, como aludido, esta reduz o efeito adverso da salinidade.

Na região agrícola onde o solo foi coletado, a irrigação é realizada com água de poço, cuja captação é feita do Calcário Jandaíra. Não obstante, esta água apresenta variações na CE, no tempo e no espaço, podendo apresentar variação de $1,77 \pm 0,08 \text{ dS m}^{-1}$ (Medeiros *et al.*, (2003) e, até superior a $3,0 \text{ dS m}^{-1}$. Devido a essas condições, sugere-se adaptação da microbiota local à salinidade, motivo pelo qual os microrganismos permaneceram ativos mesmo quando expostos a alta salinização e, portanto, a alta produção de CO₂. A permanência da atividade dos microrganismos também pode ser devido à alta diversidade genética, cujos genótipos são capazes de se adaptar às altas concentrações de sais (Setia e Marschner, 2013).

A Figura 1B faz a comparação da produção de CO₂ dos tratamentos sem matéria orgânica com a testemunha. Nesta, nota-se que a produção de CO₂ ficou, em todos os tratamentos, abaixo da testemunha, exceto o T40 que, após determinado tempo, aproximadamente 55 dias, manteve sua atividade acima. Assim, apesar desse resultado, a Figura 1B indica que a salinidade afetou a produção de CO₂. A Figura 1D faz a mesma comparação, contudo, na presença de matéria orgânica. Aqui, verifica-se que, com a adição do material orgânico e em diferentes tempos, a produção de CO₂ de todos os tratamentos foi maior que a da testemunha, indicando que o efeito negativo da salinidade foi inibido com a presença de matéria orgânica e, por isso, as maiores atividades microbianas nesses tratamentos em relação à testemunha, ou seja, houve contribuição positiva do aporte dos resíduos para a atividade microbiana em condições de solos afetados por sais (Silva Júnior *et al.*, 2009).

Wichern *et al.* (2006) dispostos a estudar o impacto da salinidade na microbiota do solo - incubou amostras coletadas em dois diferentes locais de Heringen na Alemanha, com ou sem

incorporação de palha de milho e com três níveis de salinidade (0, 15, 50 mg NaCl g de solo) durante sete semanas -, observaram que a salinidade teve efeito prejudicial aos microrganismos, mas que a adição da palha de milho contribuiu para a melhoria da qualidade do solo em condições de salinidade. Chang *et al.* (2007) obtiveram resultado semelhante quando mencionou que o conteúdo de matéria orgânica pode amenizar os efeitos adversos dos sais solúveis.

Sobre o ponto de maior taxa de produção de CO₂, este pode ser verificado com a relação dos valores da TCO₂max e do t.TCO₂max (Tabela 1). A Figura 2A e C demonstram a taxa de produção de CO₂ para os tratamentos sem e com matéria orgânica, respectivamente. Observa-se nestas que a taxa de produção de CO₂ por dia decai no tempo, embora a produção continue. Na ausência de material orgânico, o maior valor obtido foi na testemunha com 5,25 mg kg⁻¹ dia⁻¹ aos 4 dias (Figura 2A) e, na presença de matéria orgânica, o maior valor foi em T41 com 4,76 mg kg⁻¹ dia⁻¹ aos 34 dias, aproximadamente (Figura 2C). A Figura 2B, por sua vez, sugere que a salinidade não afetou a taxa de produção de CO₂, pois, nota-se que em diferentes tempos a atividade microbiana, para os tratamentos sem matéria orgânica, obteve valores maiores que a testemunha. A Figura 2D teve comportamento semelhante, visto que em aproximadamente 15 dias a atividade, em todos os tratamentos com matéria orgânica, ultrapassou o resultado da testemunha. Aqui, nota-se que a salinidade não afetou e, na presença de matéria orgânica, a taxa de produção de CO₂ foi superior, tanto em relação à testemunha como em relação à maioria dos tratamentos sem matéria orgânica na mesma salinidade. Estes resultados são explicados pelas influências mencionadas anteriormente.

CONCLUSÕES

Os microrganismos do solo demonstram ser tolerantes à salinidade e, a adição da matéria orgânica reduz o efeito negativo da salinidade sobre a atividade dos microrganismos, independente da concentração de sais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASGHAR, H. N. *et al.* Community composition and activity of microbes from saline soils and non-saline soils respond similarly to changes in salinity. *Soil Biology & Biochemistry*, v. 47, p. 175-178, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT – NBR 14283 *Resíduos em solo – Determinação da biodegradação pelo método respirométrico*, 1999.

BEZERRA, M. E. J. *et al.* Biomassa, atividade microbiana e FMA em rotação cultural milho/feijão-de-corda utilizando-se águas salinas. *Ciência Agronômica*, v. 41, n. 4, p. 562-570, 2010.

BOHN, H. L. *et al.* Soil chemistry. 3 ed. Mishawaka: John Wiley & Sons, 2001. 307p.

CARMO FILHO, F.; OLIVEIRA, O. F. Mossoró: um município do semiárido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico. Mossoró: ESAM, 1995. 62 p. Coleção Mossoroense, série B.

CARVALHO, F. de. Atributos bioquímicos como indicadores da qualidade do solo em florestas de *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze. Piracicaba, 2005. 79p. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) - Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2005.

CHANG, E.H.; CHUNG, R.S.; TSAI, Y.H. Effect of different application rates of organic fertilizer on soil enzyme activity and microbial population. *Soil Science and Plant Nutrition*, v. 53, n. 2, p. 132-140, 2007.

EMBRAPA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília, 1999. 370p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

MAIA, C. E. *et al.* Crescimento do meloeiro Orange Fresh em função do preparo do solo e construção do camalhão. *Ciência Agronômica*, v. 40, n.1, p. 41-47, 2009.

MEDEIROS, J. F. *et al.* Caracterização das águas subterrâneas usadas para a irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 7, n. 3, p. 469-472, 2003.

RATH, K. M.; ROUSK, J. Salt effects on the soil microbial decomposer community and their role in organic carbon cycling: A review. *Soil Biology & Biochemistry*, v. 81, p. 108-123, 2015.

RIETZ, D. N.; HAYNES, R. J. Effects of irrigation-induced salinity and sodicity on soil microbial activity. *Soil Biology & Biochemistry*, v. 35, p. 845-854, 2003.

SCHIMMEL, J. *et al.* Microbial stress-response physiology and its implications for ecosystem function. *Ecology*, v. 88, p. 1386-1394, 2007.

SETIA, R; MARSCHNER, P. Carbon mineralization in saline soils as affected by residue composition and water potential. *Biology and Fertility of Soils*, v. 49, p. 71-77, 2013.

SILVA JÚNIOR, J. M. T. *et al.* Efeitos de níveis de salinidade sobre a atividade microbiana de um Argissolo Amarelo incubado com diferentes adubos orgânicos. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 4, n. 4, p. 378-382, 2009.

STOTZKY, G. Microbial respiration. In: BLACK, C.A. *Methods of soil analysis*. Madison, American Society of Agronomy, 1965. v.2. p.1151-1572.

WICHERN, J. *et al.* Impact of salinity on soil microbial communities and the decomposition of maize in acidic soils. *Geoderma*, v. 137, p. 100-108, 2006.

YAN, N.; MARSCHNER, P. Response of microbial activity and biomass to increasing salinity depends on the final salinity, not the original salinity. *Soil Biology & Biochemistry*, v. 53, p. 50-55, 2012.

Tabela 1. Produção de CO₂ máxima estimada (CO₂max) (mg kg⁻¹); parâmetros do modelo (α e n); coeficiente de determinação (R²); tempo para produzir 50% do CO₂max (t. CO₂50%) (dias); tempo para produzir a maior taxa de CO₂max (t.T CO₂max) (dias) e; maior taxa de produção de CO₂ (T CO₂max) (mg kg⁻¹ dia⁻¹), para todos os tratamentos do solo Latossolo Vermelho Eutrófico, de área agrícola, Rio Grande do Norte.

	T00*	T01	T10	T11	T20	T21	T30	T31	T40	T41
CO ₂ max	294,61	365,30	293,40	362,01	283,57	432,68	280,95	470,02	378,71	535,33
α	0,0257	0,0185	0,0181	0,0162	0,0152	0,0167	0,0157	0,0158	0,0155	0,0143
n	1,17	1,49	1,28	1,62	1,14	1,39	1,58	1,55	1,43	1,77
R ²	0,9819	0,9734	0,9630	0,9607	0,9458	0,9731	0,9587	0,9710	0,9566	0,9538
t.CO ₂ 50%	38,95	54,15	55,23	61,85	65,99	60,04	63,76	63,27	64,34	69,81
t.TCO ₂ max	4,45	18,20	10,75	25,27	6,27	16,10	24,95	23,39	19,26	33,94
TCO ₂ max	5,25	4,11	3,41	3,57	3,07	4,46	2,68	4,52	3,61	4,76

*Tij - sendo 'i' as CEes (1,15; 1,60; 3,31; 4,65; 8,25 dS m⁻¹ representadas por 0, 1, 2, 3 e 4, respectivamente) e 'j' matéria orgânica, presença (1) e ausência (0).

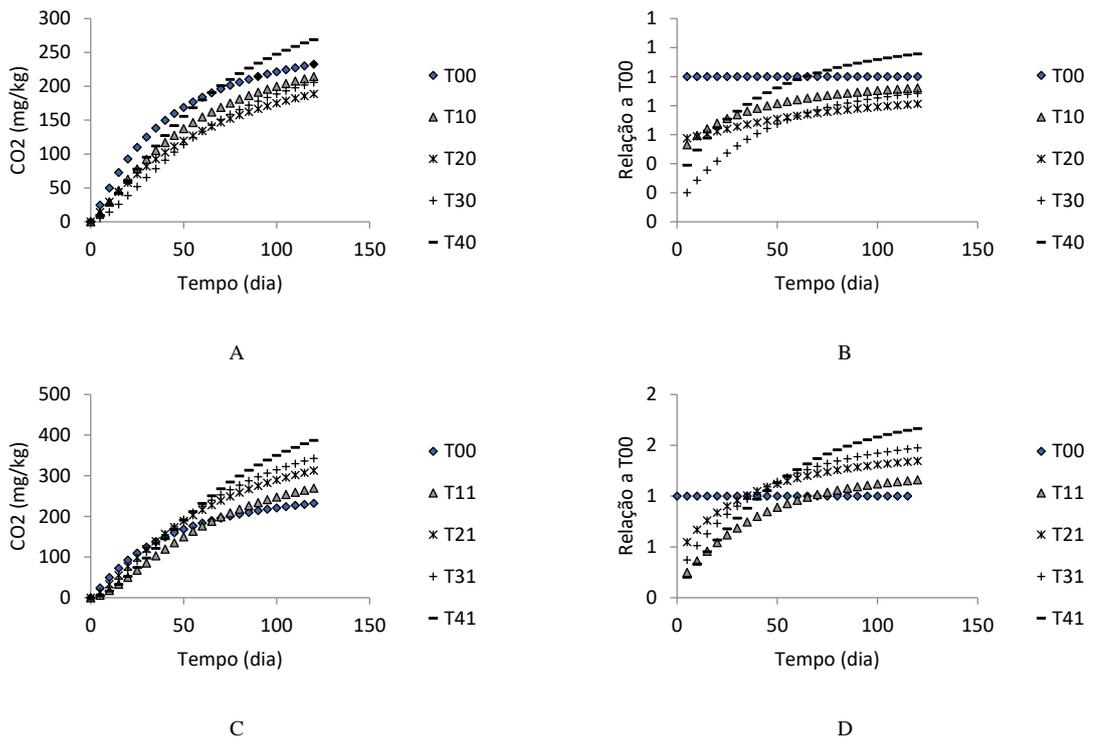


Figura 1. Produção de CO₂ (mg kg⁻¹) em função do tempo, para o solo Latossolo Vermelho Eutrófico, de área agrícola, Rio Grande do Norte: (A) sem matéria orgânica; (B) sem matéria orgânica, relacionados com a testemunha; (C) com matéria orgânica; (D) com matéria orgânica, relacionados com a testemunha.

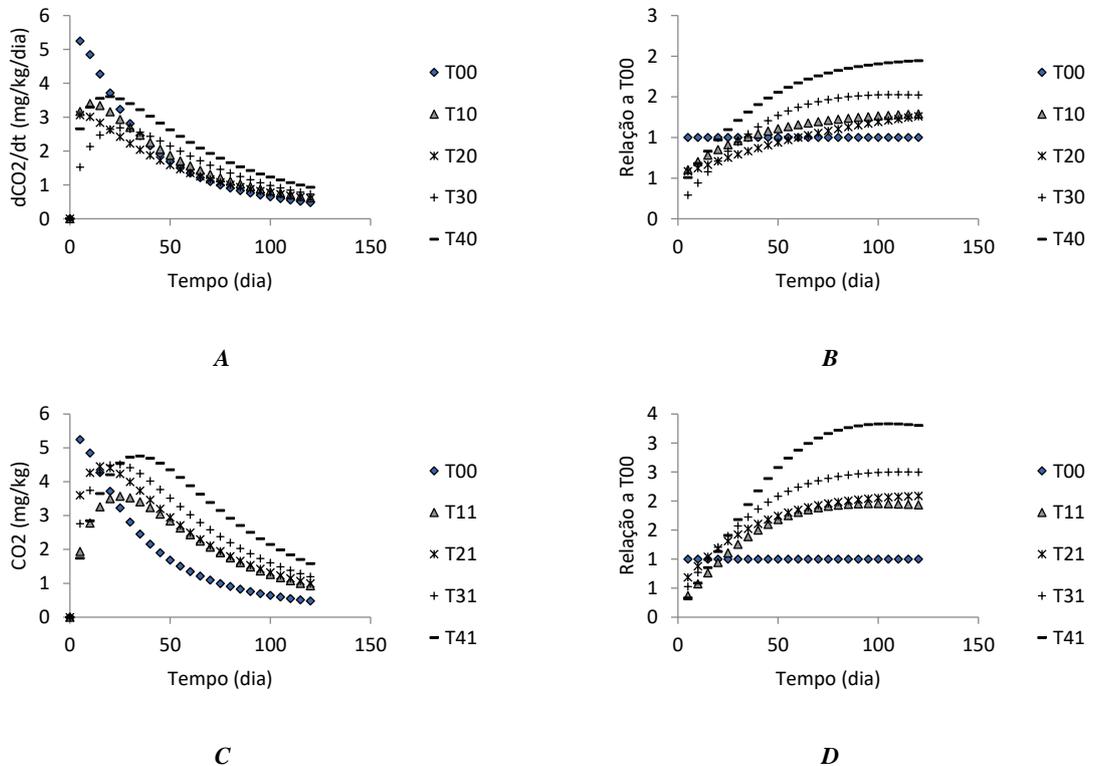


Figura 2. Taxa de produção de CO₂ para o solo Latossolo Vermelho Eutrófico, de área agrícola, Rio Grande do Norte: (A) sem matéria orgânica; (B) sem matéria orgânica, relacionados com a testemunha; (C) com matéria orgânica; (D) com matéria orgânica, relacionados com a testemunha.