



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

ISSN 1806-9193

Dezembro, 2007

versão

**ON LINE**

## *Documentos 216*

# Carbono e Nitrogênio da Biomassa e Atividade Microbiana em um Solo Cultivado com Arroz Irrigado Orgânico e Manejado com Diferentes Adubos Verdes

Editor Técnico

Maria Laura Turino Mattos

Pelotas, RS  
2007

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Clima Temperado  
Endereço: BR 392, km 78  
Caixa Postal 403, CEP 96001-970 - Pelotas, RS  
Fone: (53) 3275 8199  
Fax: (53) 3275 8219 - 3275 8221  
Home page: [www.cpact.embrapa.br](http://www.cpact.embrapa.br)  
E-mail: [sac@cpact.embrapa.br](mailto:sac@cpact.embrapa.br)

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Walkyria Bueno Scivittaro  
Secretária-Executiva: Joseane M. Lopes Garcia  
Membros: Cláudio Alberto Souza da Silva, Lígia Margareth Cantarelli Pegoraro, Isabel Helena Vernetti Azambuja, Cláudio José da Silva Freire, Luís Antônio Suita de Castro, Sadi Macedo Sapper, Regina das Graças V. dos Santos  
Suplentes: Daniela Lopes Leite e Luís Eduardo Corrêa Antunes

Revisor de texto: Sadi Macedo Sapper  
Normalização bibliográfica: Regina das Graças Vasconcelos dos Santos  
Fotos internas e da capa: Maria Laura Turino Mattos  
Editoração eletrônica: Oscar Castro  
Fotos da capa: Maria Laura Turino Mattos  
Arte da capa: Miguel Ângelo (estagiário)

1ª edição

1ª impressão 2007: 100 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

---

Carbono e Nitrogênio da Biomassa e Atividade Microbiana em um Solo Cultivado com Arroz Irrigado Orgânico e Manejado com Diferentes Adubos Verdes / Maria Laura Turino Mattos ... [ *et al.*]. -- Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004.  
18 p. -- (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 216).

ISSN 1516-8840

Arroz irrigado - Agricultura orgânica - Solo - Adubo verde. I. Mattos, Maria Laura. II. Série.

CDD 633.18

---

# Autor

Maria Laura Turino Mattos  
Eng. Agrôn., Dra.  
Embrapa Clima Temperado  
Caixa Postal, 403  
96001-970 – Pelotas, RS  
(mattos@cpact.embrapa.br)

Ieda Maria Baade dos Santos  
Eng. Agrôn., MSc.  
Bolsista Fapeg  
Caixa Postal, 403  
96001-970 – Pelotas, RS

José Carlos Leite Reis  
Eng. Agrôn., MSc.  
Embrapa Clima Temperado  
Caixa Postal, 403  
96001-970 – Pelotas, RS  
(reis@cpact.embrapa.br)

José Francisco da Silva Martins  
Eng. Agrôn., MSc.  
Embrapa Clima Temperado  
Caixa Postal, 403  
96001-970 – Pelotas, RS  
(martins@cpact.embrapa.br)

Walkyria Bueno Scivittaro

Eng. Agrôn., MSc.  
Embrapa Clima Temperado  
Caixa Postal, 403  
96001-970 – Pelotas, RS  
([wbscivit@cpact.embrapa.br](mailto:wbscivit@cpact.embrapa.br))

# Apresentação

Os sistemas de produção orgânica de grãos, em especial do arroz irrigado por inundação, apontam para um novo cenário brasileiro com a regulamentação da Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003, que dispõe sobre a agricultura orgânica, onde as atividades pertinentes ao desenvolvimento de sistemas de produção orgânicos ficam disciplinadas pelo Decreto nº 6.323, de 27 de dezembro de 2007, sem prejuízo do cumprimento das demais normas que estabeleçam outras medidas relativas à qualidade dos produtos e processos. Neste contexto, a qualidade do solo deve ser monitorada por meio de indicadores sensíveis, tais como, o carbono e o nitrogênio da biomassa microbiana, sendo capazes de medir alterações decorrentes das práticas de manejo utilizadas em busca de alternativas para substituição dos insumos químicos.

Os resultados de pesquisa apresentados nesta publicação são parte integrante de um projeto de Cooperação Técnica entre a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) por meio da Estação Experimental de Itajaí (SC), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) por meio das Unidades Descentralizadas – Embrapa Clima Temperado, e a Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI) por meio do Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do MAR, denominado de “Sistema de Produção Orgânica de Arroz Irrigado”, aprovado no fundo competitivo PRODETAB (Projeto

de Apoio ao Desenvolvimento de Tecnologia Agropecuária para o Brasil: Edital 01/2001). O objetivo do projeto foi desenvolver tecnologias que aumentem a sustentabilidade da orizicultura irrigada, por meio da eliminação do uso de agroquímicos, visando à preservação da saúde dos produtores e consumidores, bem como do meio ambiente.

*João Carlos Costa Gomes*  
Chefe-Geral  
Embrapa Clima Temperado

# Sumário

Carbono e Nitrogênio da Biomassa e Atividade Microbiana em um Solo Cultivado com Arroz Irrigado Orgânico e Manejado com Diferentes Adubos Verdes ...	9
Introdução .....	9
Metodologia .....	11
Resultados e Discussão .....	13
Conclusão .....	17
Agradecimentos .....	17
Referências .....	18





# Carbono e Nitrogênio da Biomassa e Atividade Microbiana em um Solo Cultivado com Arroz Irrigado Orgânico e Manejado com Diferentes Adubos Verdes

---

*Maria Laura Turino Mattos*

## Introdução

Em sistemas de produção orgânica, fatores de produção biofísicos estão intimamente relacionados com os fatores socioeconômicos e institucionais. O termo orgânico refere-se a métodos de produção e processamento de alimentos que conservem e/ou preservem os recursos naturais.

Na prática, arroz orgânico deve ser produzido e processado sem o uso de agrotóxicos e fertilizantes sintéticos. Métodos biorracionais devem ser usados para o controle de pragas. O sistema de cultivo deve incluir a rotação de culturas, o uso de coberturas verdes como fertilizante, uma densidade de sementes e um manejo da água de irrigação, voltados ao controle de plantas daninhas e outras pragas. Restos culturais e outros resíduos da produção orgânica são muito importantes para este sistema, sendo recomendável sua incorporação no solo.

Leguminosas de inverno, fosfato natural reativo e sulfato de potássio, fontes nutrientes liberados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para a produção

orgânica de produtos vegetais, são supridores de N, P e K, respectivamente, à cultura do arroz irrigado, podendo substituir de forma satisfatória as fontes minerais utilizadas no sistema químico de produção. Os menores teores de nutrientes porventura detectados no arroz produzido no sistema orgânico, comparativamente ao químico, devem-se principalmente, à limitação no crescimento das plantas, decorrente da competição com plantas daninhas.

O nitrogênio é o principal nutriente limitante à produção orgânica de arroz, requerendo maior atenção quanto à seleção de fontes e ao manejo para a nutrição adequada das plantas. O uso de leguminosas de inverno, como adubos verdes, desponta como uma fonte alternativa de N bastante atrativa para este sistema, contribuindo com quantidades superiores a  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  do elemento, em geral mais elevadas do que às fornecidas usualmente pelos fertilizantes minerais empregados no sistema químico. É fundamental, porém, para o sucesso da adubação verde, a seleção de espécies adaptadas ao cultivo em áreas de várzea, durante o inverno. As espécies usadas como adubos verdes apresentam, ainda, vantagens adicionais como a manutenção do solo coberto durante o outono-inverno, evitando sua degradação química, física e biológica, efeito inibitório sobre invasoras, reduzindo ocorrência destas no cultivo de verão.

Produtividades satisfatórias de arroz irrigado, em sistema orgânico estabelecido em sucessão aos trevos persa e alexandrino, foram obtidos, o que indica o potencial de uso dessas espécies como fonte de N para o arroz irrigado (Scivittaro et al., 2004).

Para o monitoramento da qualidade do solo, é necessário definir atributos inerentes ao mesmo, que sejam sensíveis ao manejo e de fácil determinação. Desta forma, foram propostos indicadores de qualidade, compreendendo um conjunto mínimo de variáveis (propriedades, processos e características) químicas, físicas e biológicas que, quando acompanhadas ao longo do tempo, são capazes de detectar alterações na sua

qualidade em função das recomendações conservacionistas (Santana & Bahia, 1999).

As análises biológicas e bioquímicas do solo, tais como a taxa de respiração e a diversidade da biomassa microbiana, são indicadores sensíveis para monitorar as alterações ambientais nos sistemas de produção orgânica e química de arroz irrigado.

Neste boletim, apresentam-se os resultados de pesquisa que determinaram o carbono e o nitrogênio da biomassa e a atividade microbiana em um PLANOSSOLO HIDROMÓRFICO Eutrófico típico manejado com diferentes adubos verdes, no inverno, como fonte de nitrogênio para o arroz irrigado no sistema orgânico.

## Metodologia

### Área Experimental

O experimento foi realizado na safra agrícola 2003/04, na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, localizada no município do Capão do Leão, RS.

### Tratamentos

Os tratamentos compreenderam cinco leguminosas de inverno em cultivo solteiro [trevo branco (*Trifolium repens*) (1); trevo alexandrino (*T. alexandrinum*) (2); cornichão El Rincón (*Lotus subbiflorus*) (3); cornichão São Gabriel (*L. corniculatus*) (4); trevo persa (*T. resupinatum*) (5) e a consorciação de trevo branco com cornichão São Gabriel (6). Para fins de comparação, incluiu-se um tratamento referência: sistema orgânico com omissão de fonte de N (controle = C).

### Plantio

A semeadura do arroz, cultivar BRS Pelota, foi realizada em sistema convencional de preparo do solo. A adubação de

semeadura consistiu na aplicação de 70 kg ha<sup>-1</sup> de fosfato natural reativo (Dawi) e 140 kg<sup>-1</sup> sulfato de potássio.

### Amostragem

Amostras compostas de solo foram coletadas, em novembro de 2003, na profundidade de 0-10 cm, para uso nas análises microbiológicas, após a incorporação dos adubos verdes,. As amostras foram transportadas em caixa de isopor com gelo ao laboratório, onde parte da amostra foi destinada à determinação da biomassa C e N, sendo conservada em geladeira até o momento da análise. O restante da amostra foi utilizado imediatamente para a avaliação da atividade microbiana.

### Procedimentos Analíticos

O carbono da biomassa microbiana (Cmic) foi determinado pelo método descrito por Vance et al. (1987).

O nitrogênio da biomassa microbiana (Nmic) foi determinado pelo método semi-micro Kjeldahl, descrito por Tedesco et al. (1995).

A atividade microbiana (CO<sub>2</sub>) foi determinada pelo método de Stotzky (1965), quantificando o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) liberado durante 168 h de incubação, expresso em mg de C-CO<sub>2</sub> kg de solo<sup>-1</sup>.

Os dados do quociente metabólico, que representam a quantidade de CO<sub>2</sub> liberada por unidade de biomassa microbiana, em determinado período de tempo, foram obtidos pela razão entre a atividade microbiana e Cmic.

Também foram obtidas as relações entre a biomassa microbiana e o carbono orgânico total, pela razão entre o Cmic e o carbono total, e a biomassa microbiana e o nitrogênio microbiano, pela razão entre o Cmic e o Nmic.

## Resultados e Discussão

A consorciação *L. corniculatus* + *T. repens* apresentou maior  $C_{mic}$ , diferindo significativamente dos demais tratamentos. Os valores de  $N_{mic}$  dos tratamentos controle e da consorciação entre trevo-branco e cornichão São Gabriel foram semelhantes entre si e superiores ao dos demais tratamentos (Quadro 1). Antes da incorporação dos adubos verdes ao solo, os tratamentos *L. corniculatus* e a consorciação apresentaram maior atividade microbiana, diferindo significativamente dos demais tratamentos (Figura 3). Não houve diferenças significativas entre o controle, *Trifolium repens*, *Lotus subbiflorus* e *T. resupinatum*, enquanto que o *T. alexandrinum* diferiu de todos os tratamentos, apresentando a menor atividade microbiana ( $38,0 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1}$  de solo  $168\text{h}^{-1}$ ). Após a incorporação dos adubos verdes todos os tratamentos apresentaram um aumento da atividade microbiana (Figura 1), sendo que, a quantidade acumulada (168 h de incubação) de  $C\text{-CO}_2$  evoluído foi maior no tratamento com consorciação de espécies de leguminosas. Odum (1969) ressalta que à medida que uma determinada biomassa microbiana se torna mais eficiente, menor quantidade de carbono é perdido como  $\text{CO}_2$  pela respiração e uma maior proporção de carbono é incorporada ao tecido microbiano. Insam (1990) citado por Balota et al. (1998) cita que o tipo de manejo do solo pode selecionar uma população microbiana mais eficiente, que, por sua vez, apresente uma menor perda de carbono via respiração, sendo isto importante na manutenção do teor de carbono do solo. Os valores de  $\text{CO}_2$  evoluído variaram de 8,63 a 22,44  $\text{mg kg}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  de  $\text{CO}_2$  do solo, resultados estes em acordo com os obtidos por Insam et al. (1991), citado por (Balota et al., 1998) que, ao analisar amostras provenientes de solos cultivados com uma mesma cultura por até 77 anos, observaram que a atividade microbiana apresentava uma variação de 8,4 a 33,6  $\text{mg kg}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  de  $\text{CO}_2$  no solo. Em solo coletado nos pampas argentinos, esta variação foi de 3,3 a 34.4  $\text{mg kg}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  de  $\text{CO}_2$  no solo (Alvarez et al., 1995 citado por Balota et al., 1998).

Quadro 1. Biomassa microbiana (Cmic), nitrogênio microbiano (Nmic) e atividade microbiana [CO<sub>2</sub>, carbono total (C<sub>total</sub>) e quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>)], após a incorporação dos adubos verdes, em novembro de 2003, e relações entre Cmic:Nmic e Cmic:C<sub>total</sub> em solo de manejo no sistema orgânico de arroz irrigado. Estação Experimental Terras Baixas, Embrapa Clima temperado, Capão do Leão, RS. 2007.

Tratamento	Cmic	Nmic	CO <sub>2</sub>	Cmic:Nmic	Cmic:C <sub>total</sub>	qCO <sub>2</sub>	Cmic:Nmic	Cmic:C <sub>total</sub>
	mg kg <sup>-1</sup> de solo	mg kg <sup>-1</sup> de solo	mg CO <sub>2</sub> mg Cmic h <sup>-1</sup>					
Controle	109,70 <sup>a</sup>	12,91 <sup>a</sup>	93,01 <sup>a</sup>	8,40 <sup>a</sup>	13,0 <sup>b</sup>	3,0 <sup>a</sup>	8,70 <sup>a</sup>	8,00 <sup>a</sup>
P. coqueiro	89,88 <sup>a</sup>	7,32 <sup>a</sup>	73,91 <sup>ab</sup>	8,20 <sup>a</sup>	12,0 <sup>b</sup>	3,1 <sup>a</sup>	12,0 <sup>b</sup>	9,00 <sup>a</sup>
P. guandu	83,92 <sup>a</sup>	8,00 <sup>a</sup>	67,00 <sup>a</sup>	7,80 <sup>a</sup>	11,7 <sup>b</sup>	3,2 <sup>ab</sup>	11,7 <sup>b</sup>	8,59 <sup>a</sup>
L. subteranea	80,07 <sup>a</sup>	3,18 <sup>a</sup>	66,50 <sup>a</sup>	6,30 <sup>a</sup>	19,0 <sup>a</sup>	3,3 <sup>ab</sup>	19,0 <sup>a</sup>	8,09 <sup>a</sup>
L. complanata	50,01 <sup>a</sup>	7,09 <sup>a</sup>	67,91 <sup>a</sup>	13,80 <sup>a</sup>	13,0 <sup>b</sup>	3,2 <sup>ab</sup>	13,0 <sup>b</sup>	9,00 <sup>a</sup>
P. lupulina	69,08 <sup>a</sup>	7,23 <sup>a</sup>	66,08 <sup>a</sup>	9,10 <sup>a</sup>	12,3 <sup>b</sup>	3,2 <sup>ab</sup>	12,3 <sup>b</sup>	7,10 <sup>a</sup>
L. complanata + P. coqueiro	157,10 <sup>b</sup>	11,10 <sup>b</sup>	67,20 <sup>a</sup>	14,10 <sup>b</sup>	14,1 <sup>a</sup>	3,3 <sup>ab</sup>	14,1 <sup>a</sup>	13,1 <sup>a</sup>

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5%.

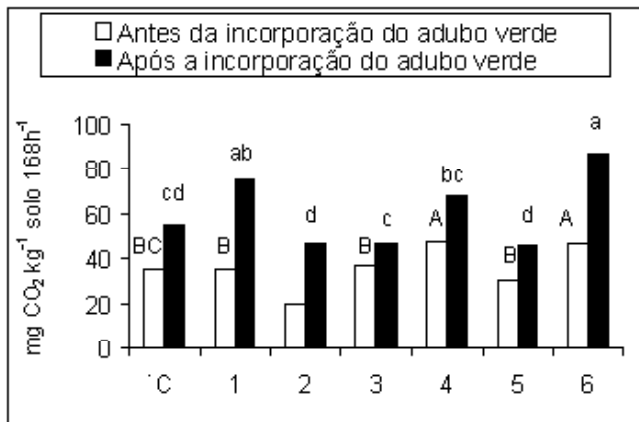


Figura 1. Teores de C-CO<sub>2</sub> liberados antes e após a incorporação dos adubos verdes, de solo cultivado com arroz irrigado orgânico. Controle (C); *Trifolium repens* (1); *T. alexandrinum* (2); *Lotus subbiflorus* (3); *L. corniculatus* (4); *T. resupinatum* (5); Consorciação (6). Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5%. Estação Experimental Terras Baixas, Embrapa Clima temperado, Capão do Leão, RS, 2007.

O quociente metabólico foi maior no solo que recebeu *T. repens* (7,9931<sup>-3</sup>), diferindo significativamente do controle, de *T. risupinatum* e da consorciação. Para Insam & Domsch (1988) citados por Balota et al. (1998), a respiração microbiana por unidade de biomassa microbiana diminui em sistemas mais estáveis. Por outro lado, a incorporação de resíduos de culturas ao solo aumenta o qCO<sub>2</sub> (Ocio & Brookes, 1990 citado por Balota et al., 1998). A relação Cmic/Nmic foi maior (19,0 mg) para *L. subflorus*, diferindo dos demais tratamentos. A consorciação apresentou os maiores valores da relação Cmic:C<sub>total</sub>, diferindo dos demais tratamentos. *Lotus corniculatus* diferiu significativamente do controle, enquanto que os menores

valores da relação  $C_{mic}:C_{total}$  foram verificados nos tratamentos controle, *T. alexandrinum* e *Lotus subbiflorus* (Quadro 1). A relação  $C_{mic}:C_{total}$ , também denominada de “quociente microbiano”, tem sido considerada como boa indicadora das alterações dos processos no solo (Anderson & Domsch, 1989, citados por Balota et al., 1998). Desta forma, a consorciação foi o tratamento que expressou o maior acúmulo de C do solo, indicado pelo incremento na biomassa microbiana, na atividade microbiana e baixo  $qCO_2$ , mostrando-se boa opção de manejo do solo para o sistema de produção de arroz irrigado orgânico. Resultados diferenciados poderão ocorrer com a continuidade dessas práticas de manejo do solo.



Fotos: Maria Laura Turino Mattos

Figura 2. Parcelas experimentais cultivadas com as forrageiras de inverno (A = Trevo branco; B = Trevo persa; C = Cornichão; D = Visão geral da área experimental) no sistema de produção orgânica de arroz irrigado. Estação Experimental Terras Baixas, Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. 2007.



Foto: Maria Laura Turino Mattos



Figura 3. Incorporação das forrageiras de inverno nas parcelas experimentais do sistema de produção orgânica de arroz irrigado. Estação Experimental Terras Baixas, Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. 2007.

## Conclusão

O consórcio *L. corniculatus* + *T. repens* é um tipo de manejo do solo que seleciona uma população microbiana mais eficiente, proporcionando um maior acúmulo de carbono de biomassa microbiana e uma menor perda de carbono via respiração, devendo o seu uso ser recomendado para o sistema de rotação da cultura de arroz irrigado.

## Agradecimentos

Ao PRODETAB (Projeto de Apoio ao Desenvolvimento de Tecnologia Agropecuária para o Brasil: Edital 01/2001) pelo apoio financeiro.

## Referências

BALOTA, E.L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 22, p. 641-649, 1998.

ODUM, E.P. The strategy of ecosystem development. *Science*, Washington, v.164, p. 262-270, 1969.

SANTANA, D.P.; BAHIA FILHO, A.F.C. Indicadores da qualidade do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., 1999, Brasília, DF. Anais. Brasília, DF: SBCS, 1999. 1 CD-ROM

SCIVITTARO, W.B.; MATTOS, M.L.T.; MARTINS, J.F. da S. Uso de coberturas de solo como fonte de nitrogênio para sistema de produção orgânica de arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 2. ; SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE AGROECOLOGIA, 5.; SEMINÁRIO ESTADUAL SOBRE AGROECOLOGIA, 6., 2004, Porto Alegre. *Agrobiodiversidade: base para sociedades sustentáveis: Anais*. Porto Alegre: EMATER/RS, 2004. 1 CD-ROM

STOTZKY, G. Microbial respiration. In: Black, C.A. (Ed.) *Methods of soil analysis*, Madison: American Society of Agronomy, 1965. v. 2, p. 1550-1572.

TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. et al. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia. UFRGS, 1995. 215 p (UFRGS. Boletim Técnico, 5).

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JANKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v. 19, p. 703-707, 1987.