



A AZOLLA E A CULTURA ARROZEIRA



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA
Vinculada ao Ministério da Agricultura e Reforma Agrária
Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão - CNPAF
Goiânia, GO

Circular Técnica, 25

ISSN 0100-8382
Setembro, 1990

A azolla e a cultura arrozeira

Alafdes Puppim Ruschel



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA
Vinculada ao Ministério da Agricultura e Reforma Agrária
Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão - CNPAF
Goiânia, GO

© EMBRAPA – 1990

Exemplares desta publicação podem ser solicitados ao:
Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão – CNPAF
Rodovia GYN 12, km 10
Antiga Rodovia Goiânia/Nerópolis
Caixa Postal 179
74001, Goiânia, GO

Comitê de Publicações:
Ricardo José Guazzelli
José Flávio Dynia
Homero Aidar

Assessoria Técnico-Científica:
Itamar Pereira de Oliveira
Cleber Moraes Guimarães
Heloísa Torres da Silva

Editoração:
Maria Auxiliadora Afonso Alves
Antonio Pereira da Silva Filho
Lauro Pereira da Mota
Sebastião José de Araújo
Ana Lúcia D. de Faria

Tiragem: 1.000 exemplares

RUSCHEL, A.P.A *Azolla* e a cultura arrozeira. Goiânia:
EMBRAPA-CNPAF, 1990.
16p. (EMBRAPA-CNPAF. Circular Técnica, 25).

1. Arroz - azolla. 2. Arroz - adubação orgânica. 3. Azolla I. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (Goiânia, GO). II. Título. III. Série.

CDD 633.188974

SUMÁRIO

A planta <i>Azolla</i>	5
A alga <i>Anabaena</i>	7
A associação <i>Azolla-Anabaena</i>	8
Fixação biológica de nitrogênio no sistema	8
Nitrogênio fixado e acumulado em <i>Azolla</i>	9
A <i>Azolla</i> como adubo verde em arroz	9
Desenvolvimento do inóculo no campo	10
Desenvolvimento da <i>Azolla</i> em local definitivo	12
Modo de utilização da <i>Azolla</i> em arrozais	12
Resultados da utilização da <i>Azolla</i> em arroz	13
Cuidados especiais e combate às pragas	14
Outras utilizações da <i>Azolla</i>	15
Agradecimentos	15
Referências Bibliográficas	15

A AZOLLA E A CULTURA ARROZEIRA

Aláides Puppiñ Ruschel¹

A *Azolla* é uma planta aquática; possui uma alga capaz de absorver o nitrogênio do ar atmosférico, vivendo no interior de suas folhas. Desde a antiguidade, ela vem sendo usada como adubo verde na Ásia, havendo relatos de sua utilização na cultura arrozeira desde 540 a.C. (Chu 1979). Atualmente, tem sido mais utilizada como fonte de nitrogênio e outros macro e micronutrientes na cultura arrozeira irrigada e como aceleradora da decomposição da palhada do arroz, facilitando o melhoramento do solo para o plantio subsequente. Há registro do aumento de produção por influência da introdução da *Azolla* no cultivo de arroz em diversos locais. Na China, por exemplo, produções de arroz em torno de 3000 a 3600 kg/ha elevaram-se a 9.900 kg/ha (FAO 1978). No Brasil, em nível experimental, também já foi constatada elevação de produção de arroz pelo uso de *Azolla*. A *Azolla* pode também ser usada na alimentação de animais como fonte de proteína, ou como adubo após compostagem.

A planta *Azolla*

O gênero *Azolla* possui a seguinte classificação botânica, segundo Lumpkin & Plucknett (1982), modificada por Khan (1983): Divisão: Pterophyta; Ordem: Salviniales; Família: Salviniaceae = Azollaceae. São sete as espécies de *Azolla* Seção *Euzolla*: *Azolla caroliniana*, *Azolla fiticuloides*, *Azolla mexicana*, *Azolla microphylla*, *Azolla rubra*; Seção *Rhizosperma*: *Azolla pinnata* var. *pinnata*, *Azolla pinnata* var. *imbricata*, *Azolla nilotica*.

Esta pequena planta flutuante possui raízes e caules ramificados, revestidos com folhas pequenas alternadas e sobrepostas (Smith 1979). As folhas possuem dois lóbulos, um ventral e outro dorsal, estando localizado neste último um orifício interno com poro de comunicação com a atmosfera, onde se aloja a alga *Anabaena*. O lóbulo dorsal é clorofilado e o ventral transparente e descolorido e tem sua função no mecanismo de flutuação da planta. Os ramos distribuem-se na planta, de modo a conferir-lhe uma forma triangular ou poligonal. A *Azolla* geralmente é

¹ Eng.-Agr. Dr., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, Caixa Postal 179, 74000 - Goiânia, GO.

de coloração verde, podendo ser também de diferentes matizes do vermelho. O teor de clorofila da *Azolla* varia de acordo com a coloração, sendo maior quando a *Azolla* é verde e menor quando vermelha (Subudhi & Watanabe 1981). A planta tem diâmetro de 1 cm a 2 cm, porém, a *A. nilotica* é alongada e poderá ter ramos de até 15 cm de comprimento (Fig. 1, 2 e 3). A *Azolla* aparece comumente em lagos, rios e riachos de águas mansas. No Brasil já foram coletadas diferentes espécies em todas as regiões, da Amazônia ao sul do País.

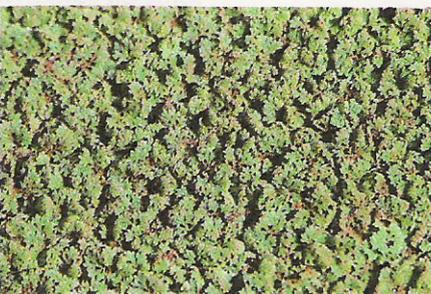




FIG. 1. Diferentes espécies de *Azolla* com detalhes de seus ramos, folhas e raízes.



FIG. 2. Coloração da *Azolla*.



FIG. 3. *Azolla* de diferentes espécies em cultivo normal no campo.

A alga *Anabaena*

Segundo Khan (1983), foi Strasburger, em 1973, o primeiro a observar que a *Azolla* possuía no interior de suas folhas uma alga heterocística, a *Anabaena*. Botanicamente a *Azolla* pertence à Divisão: Cyanophyta; Ordem: Nostocales; Família: Nostocaceae; Espécie: *Anabaena-azollae*. A espécie é filamentosa, com células alongadas e arredondadas nas pontas, distinguindo-se três tipos de células: vegetativas (verdes), heterocistos (incolores) e acinetos (esporos formados) pelas células vegetativas) (Fig. 4). A *Anabaena* tem sempre coloração verde, mesmo que a *Azolla* apresente coloração avermelhada.

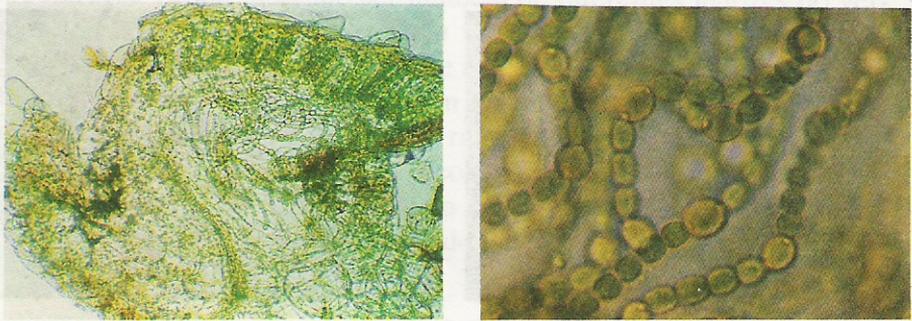


FIG. 4. Detalhes da cavidade da folha de *Azolla* mostrando a *Anabaena* com suas células vegetativas e herocistos.

A associação *Azolla-Anabaena*

A simbiose *Azolla-Anabaena* é eficiente na fixação de nitrogênio atmosférico. O teor de N fixado é mais do que o necessário para a nutrição de ambas.

Na cavidade da folha de *Azolla* são encontradas até 80.000 células de *Anabaena*. Como planta e alga são fotossintetizadoras, são também independentes, podendo cada uma viver separadamente, se colocadas em ambientes propícios. No entanto, existe uma simbiose perfeita entre plantas e alga, pois células de *Anabaena* são encontradas no esporo da *Azolla*, não sendo necessária uma inoculação inicial, como no caso das leguminosas, que não apresentam nódulos se a bactéria não estiver presente no solo ou no tegumento da semente.

Fixação biológica de nitrogênio no sistema

A alga *Anabaena* possui a enzima nitrogenase, capaz de absorver o nitrogênio molecular do ar atmosférico e convertê-lo em uma substância química, a amônia, tornando possível a assimilação deste nutriente pela *Azolla*. Assim sendo, a *Azolla* poderá crescer e se desenvolver em ambiente onde não haja nitrogênio no substrato (sólido ou líquido).

O processo de fixação simbiótica de nitrogênio pela alga *Anabaena* em *Azolla* é muito eficiente, podendo equivaler-se ao dos nódulos da soja.

Nitrogênio fixado e acumulado em *Azolla*

Sob condições controladas, em casa de vegetação, o teor de nitrogênio da *Azolla* pode chegar até 5% ou 6%, no entanto, em campo este teor geralmente é mais baixo. Ruschel (1987a), estudando diferentes espécies de *Azolla* em campo, parcialmente controladas, verificou níveis máximos de N acumulado em três semanas de cultivo na razão de 29-37 kg/ha de N, em Piracicaba, SP, dependente da espécie cultivada. Em Goianira, GO, na época de melhor desenvolvimento da *Azolla*, outubro, foram obtidas 3 a 17 t/ha de massa verde e 3 a 20 kg/ha de nitrogênio acumulado num período de dez dias de crescimento (Ruschel 1987b). A *A. filiculoides* (CNPAF 6) foi o ecótipo com melhor desenvolvimento, ao passo que a *A. pinnata* não apresentou bom crescimento.

A *Azolla* como adubo verde em arroz

O cultivo da *Azolla* para utilização como adubo verde é muito fácil, mas exige manejo adequado e prevenção de pragas, como os insetos fitófagos (que se alimentam de plantas), os quais são muito freqüentes pelo alto teor de proteína na *Azolla*. Para multiplicação da *Azolla* em campo poder-se-ia utilizar esporos (sementes), órgãos resultantes da reprodução sexuada, porém este processo ocorre raramente, devido estar ligado a fatores climáticos ou de estresses a que a planta é submetida. Assim sendo, a propagação de *Azolla* quase sempre é feita vegetativamente, utilizando-se de porções de plantas conhecidas como inóculo (Fig. 5).

O inóculo consta de uma quantidade razoável de *Azolla* proporcional à área a ser coberta pela planta. Varia de 100-300 g/m². Quanto maior a quantidade de inóculo maior a produção de massa de *Azolla* por área e por unidade de tempo.

A quantidade de *Azolla* a ser inoculada varia com as condições locais, devendo-se levar em consideração o transporte do inóculo para o local definitivo. A melhor opção seria localizar os viveiros em planos superiores para transporte do inóculo pela água.

Formação de viveiros: Os viveiros são locais próprios para o desenvolvimento do inóculo de *Azolla* antes de ser transportado para o local definitivo. A fim de se poder dar uma idéia do manejo a ser adotado, é necessário lembrar que a *Azolla*, sendo uma planta pequena, sofre facilmente os efeitos de ventos, excesso de temperatura e insolação. Assim sendo, deve-se sempre colocar o inóculo em pequenas áreas de fácil

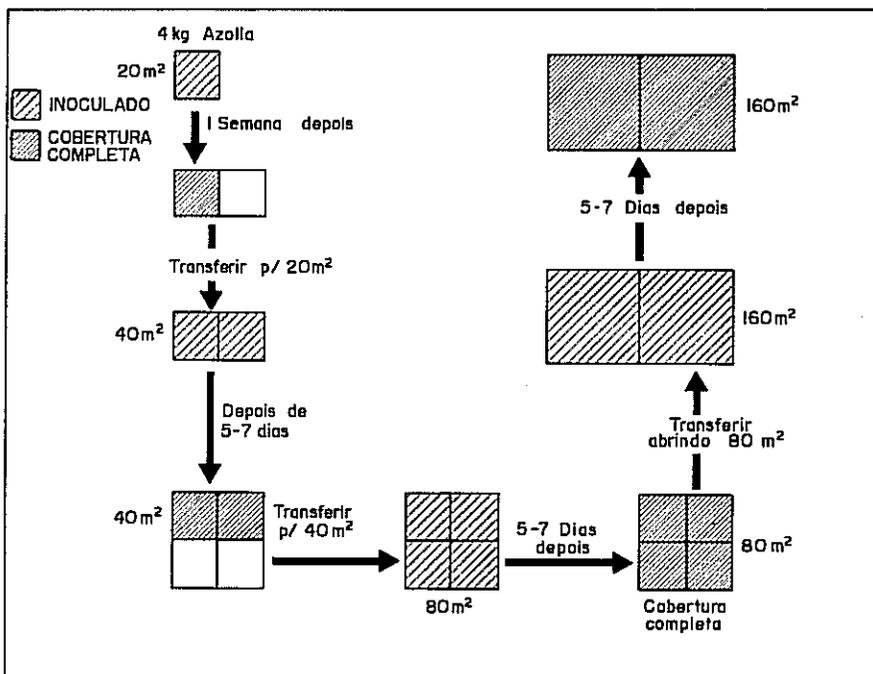


FIG. 5. Multiplicação da *Azolla* em viveiros. Após a cobertura completa da área inoculada duplica-se a área inicial sucessivamente (Khan 1983).

acesso, e à medida que a área vai sendo literalmente ocupada pela *Azolla* deve ser ampliada para que a produção rareie e constitua-se em um inóculo para outra área (Fig. 5). Assim, com um inóculo de 4 kg poder-se-á dentro de 24-28 dias obter um inóculo de área coberta de 160 m², a qual tendo como produto final 2 kg/m² oferecerá inóculo suficiente para um a três hectares.

Desenvolvimento do inóculo no campo

O mesmo princípio de aumento gradativo da área para desenvolvimento da *Azolla* deve ser adotada nas condições definitivas (Fig. 6). A área a ser ocupada não deve ser muito grande, tendo em vista os efeitos adversos mencionados de ventos, temperaturas e insolação, sendo indicado o uso do inóculo em pequenas áreas alongadas. Em linhas gerais, os seguintes itens devem ser observados:

- Marque uma área 200-300 m² (área máxima), geralmente perto de cursos d'água.
- Prepare a terra para a cultura do arroz.
- Separe 20 m² para ser a área de início de inoculação (Fig. 6 - área A) no canto da grande área. Inunde o solo com água de irrigação com 5-7 cm de profundidade.
- Espalhe 15 kg/ha de P₂O₅ na área A e 4 kg de *Azolla*. Após 7-8 dias, a área estará totalmente coberta pela *Azolla*, então abra a área A e comunique A com B e assim sucessivamente, de acordo com o esquema da Fig. 6. Após cada semana, a área de crescimento da *Azolla* deve ser expandida até que toda a área esteja coberta.

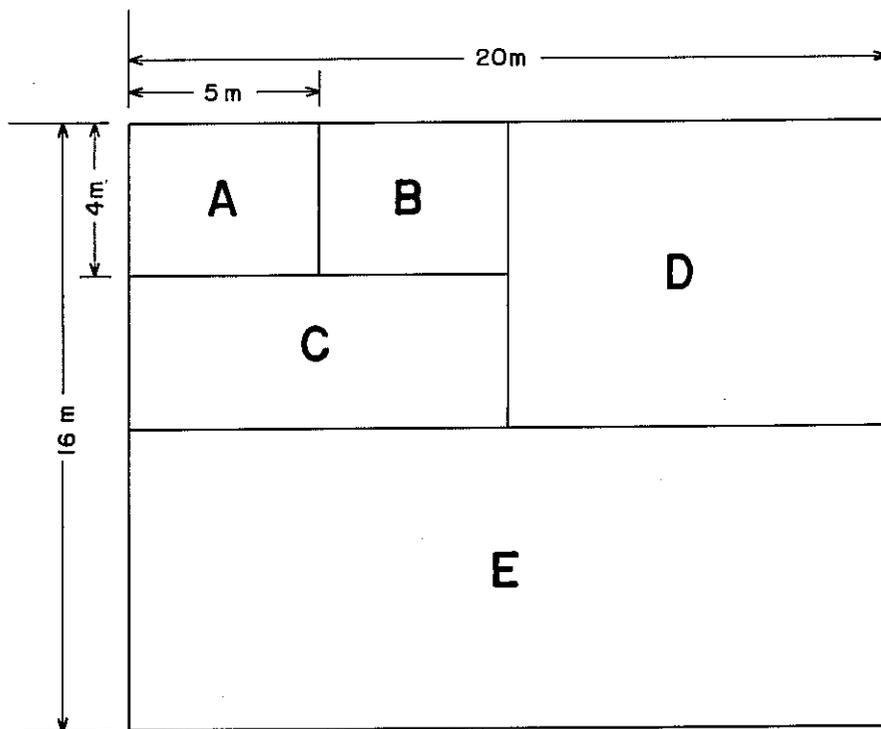


FIG. 6. Multiplicação da *Azolla* diretamente no campo. Inicia-se o plantio na área A e após cobertura completa da área inoculada abrem-se as áreas B, C, D e E sucessivamente.

Desenvolvimento da *Azolla* em local definitivo

Parcelas retangulares são as mais adequadas, com 100 a 200 m². Dispondo-se de grande quantidade de inóculo, por exemplo 250 kg, pode-se iniciar o plantio em uma área de 1200 m², a qual após quatro semanas poderá conter 15-20 toneladas de *Azolla*.

Modo de utilização da *Azolla* em arrozais

As principais modalidades de utilização de *Azolla* na cultura arrozeira são incorporação da planta ao solo e consorciação com o arroz.

Neste último caso, com o crescimento da planta as camadas de *Azolla* vão se sobrepondo, as plantas das camadas inferiores morrem por falta de luz ou final de ciclo vegetativo, e ao se decompor sobre a superfície do solo, deixam livres os nutrientes. Na China, é comum a existência do trinômio arroz-*Azolla*-peixe (International *Azolla* Research Center - Fuzou, China). A *Azolla* cultivada em locais próprios é diariamente levada ao local com peixes, onde geralmente o arroz é plantado em fileira dupla. Estudos recentes, ainda em fase de publicação, com *Azolla* marcada com ¹⁵N mostraram que o excremento do peixe é altamente enriquecedor de nutrientes no solo.

Três sistemas podem ser usados, separadamente ou combinados:

- a) Pré-incorporação: A *Azolla* se desenvolve e é incorporada ao solo dois dias antes do plantio ou transplantio do arroz.
- b) Incorporação durante o perfilhamento do arroz. A *Azolla* se desenvolve junto com o arroz, e durante o perfilhamento baixa-se o nível d'água, e incorpora-se a *Azolla* ao solo.
- c) Consorciação: A *Azolla* é consorciada ao cultivo do arroz. Neste caso pode haver competição entre os dois cultivos por nutrientes, especialmente fósforo. Consorciada, a *Azolla* evita a ocorrência de ervas daninhas.

Economicamente, embora não tenham sido feitos estudos sob nossas condições, é muito difícil utilizar *Azolla* em grandes propriedades (maiores que 10 ha) devido a ocupação do solo antes do plantio do arroz, preço de mão-de-obra qualificada para um manejo adequado e também por ser necessário grande quantidade de inóculo. Neste caso,

talvez seja mais fácil utilizar adubo nitrogenado. Porém, em pequenas propriedades, quando a mão-de-obra é do proprietário ou arrendatário, e é difícil o acesso ao adubo nitrogenado, a *Azolla* poderá ser uma alternativa de ciclagem de nutrientes e adição de fonte nitrogenada ao sistema. A *Azolla* poderá ser usada com sucesso na chamada "agricultura ecológica", pois não necessita de adubo extra, caso seja praticado um manejo de utilização de produtos orgânicos na propriedade.

Resultados da utilização da *Azolla* em arroz

Resultados obtidos em três anos consecutivos em experimento estudando o manejo da *Azolla* em arroz no CNPAF, em que foi estudado o uso da *Azolla* isoladamente e em associações com uréia (Tabela 1), mostram que maiores diferenças na produção do arroz são obtidas quando são utilizados 60 kg/ha de N-uréia, parceladamente, em três vezes. Arroz que recebeu *Azolla*, seja ela incorporada no transplante e no perfilhamento, incorporada no transplante mais crescimento em consorciação com o arroz, ou então somente consorciada, teve produção semelhante ao arroz que recebeu 30 kg de N sob forma de uréia. Arroz do tratamento com *Azolla* consorciada apresentou produção mais baixa que os demais tratamentos com *Azolla*. Neste último caso houve certa competição

TABELA 1. Efeito de N adicionado ao solo sob forma de *Azolla* ou uréia com diferentes manejos, no transplante (tr.) e no perfilhamento (perf.) do arroz, sobre a produtividade de grãos.

Fonte de Nitrogênio	Manejo adotado	Peso de grãos (t/ha)		
		1984/85	1985/86	1986/87
Uréia	30 kg/ha de N no transplante	8,0	7,6	7,2
	60 kg/ha de N (transp. e perf.)	7,6	8,8	8,2
<i>Azolla</i>	incorporação (transp. e perf.)	6,4	7,0	7,1
	incorporação (transp.) e consorciação	8,3	8,1	8,1
	consorciação	7,8	7,3	6,7
Controle	sem uréia ou <i>Azolla</i>	5,5	5,6	5,7

entre o arroz e a *Azolla* por nutrientes. Conclui-se portanto que a *Azolla* pode substituir o equivalente a 30 kg/ha de N, embora pesquisa feita na EPAMIG (Abreu et al. 1986) indique substituição de 40 kg/ha de N.

Seguindo-se o nitrogênio da *Azolla* e da uréia no arroz, utilizando *Azolla* e adubo marcados com uma forma de nitrogênio especial, o nitrogênio-15 (Ruschel et al. 1986), observou-se que quando a *Azolla* é incorporada no transplante o arroz absorve mais N que quando esta é incorporada no perfilhamento. O contrário, porém, aconteceu com o N da uréia, sendo maior a quantidade de nitrogênio na planta quando a uréia é aplicada no perfilhamento.

Cuidados especiais e combate às pragas

- 1 – Aconselha-se o revolvimento da água, usando vassouras feitas com feixes de galhos secos de plantas arbóreas ou ancinhos para afloramento de nutrientes, e a manutenção de um fluxo d'água pequeno para evitar um excesso de temperatura na água.
- 2 – O fósforo por ser facilmente imobilizado ou fixado no solo deverá ser colocado em doses pequenas, 2-4 kg/ha de P_2O_5 , de cinco em cinco dias ou, semanalmente, utilizando-se como fonte superfosfato simples ou triplo. Outra opção, caso não exista disponibilidade destas fontes, é a utilização de:
 - 2.1 – Resíduos de dejetos animais (suínos, caprinos, aves, bovinos) que, misturados à água, oferecerão, além do fósforo, outros nutrientes. Muito comum é o uso de água de lavagem de pocilgas. Os estercos quando usados diretamente devem estar em alta diluição na água. Exemplo: 0,5-1,0 kg de esterco de aves por 100 m² e 2,0-4,0 kg de esterco de suínos ou bovinos por 100 m².
 - 2.2 – Formulações com ausência ou baixo teor de nitrogênio, pois este elemento em excesso impede a fixação biológica do elemento pela *Anabaena*.
- 3 – Insetos e moluscos fitófagos são comuns. Aconselha-se o uso limitado de Carbofuran para o seu controle. Utilizar a dose mínima indicada pelo fabricante e evitar a permanência do homem e animais no local, por período de três a quatro dias. Para maiores detalhes procurar o agente de extensão local.

Outras utilizações da *Azolla*

- a) A *Azolla* pode ser utilizada como fonte de proteína em rações animais ("in natura" e seca), porém por conter bilirrubina deverá substituir somente 60% da proteína da ração balanceada. A bilirrubina é uma proteína que tem baixa digestibilidade.
- b) Como a *Azolla* é rica em antocianina, poderá também ser usada em ração de aves poedeiras, para conferir coloração amarelo-escura às gemas.
- c) Após compostagem, a *Azolla* poderá ser usada como adubo orgânico, sendo indicada também como fonte de nitrogênio e demais nutrientes em:
 - c.1. compostagem de material vegetal rico em fibras (ex. capins secos).
 - c.2. dornas de fermentação para obtenção de biogás.
 - c.3. silagem para bovinos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos colegas Ricardo José Guazzelli e Luiz Fernando Stone pelas sugestões emitidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, C.A.; PURCINO, J.R.C.; PURCINO, A.A.C. *Azolla*, fonte alternativa de nitrogênio para arroz cultivado em várzeas inundáveis. Belo Horizonte: EPAMIG, 1986, 20p. (EPAMIG. Boletim Técnico, 20).
- CHU, L.C. Use of *Azolla* in rice production in China. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. Nitrogen and rice. Los Baños, 1979. p. 375-94.
- FAO. *Azolla* propagation and smallscale biogas technology. China, 1978. 81p. (FAO. Soils Bulletin, 41).
- KHAN, M.M. A primer on *Azolla* production & utilization in agriculture. Los Baños: University of Philippines, 1983. 143p.
- LUMPKIN, Á. & PLUCKNETT, D.L. eds. *Azolla* as a green manure: use and management in crop production. Boulder: Westview Tropical Agricultural, 1982. p. 15-38. (Séries, 5).

- RUSCHEL, A.P. Efeito sazonal sobre o desenvolvimento e fixação biológica de nitrogênio de diferentes espécies de *Azolla*. *Pesq. agrop. bras.*, 22(6): 559-565, 1987a.
- RUSCHEL, A.P. Seleção de espécies e ecótipos de *Azolla*. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1987b. 20p. (EMBRAPA-CNPAP. Boletim de Pesquisa, 6).
- RUSCHEL, A.P.; FREITAS, J.R.; SILVA, P.M. Hydrogen uptake by *Azolla Anabaena*. *Plant Soil* 97:79-83, 1986.
- RUSCHEL, A.P.; STONE, L.F.; VICTORIA, R.L. Absorção e distribuição de N-*Azolla* e N-uréia em arroz. *Rev. bras. Ci. solo*, 12:59-63, 1988.
- SMITH, G. Botânica Criptogâmica: Briófitos e Pteridófitos. 3. ed. Lisboa: Fundação Caloust Gubelkian, 1979. 386p. V. 2.
- SUBUDHI, B.P.R. & WATANABE, I. Differential phosphorus requirements of *Azolla* species and strains in phosphorus-limited continuous culture. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 27:237-247, 1981.

