

45

Circular
Técnica

On-line

Belém, PA
Dezembro, 2007

Autores

Raimundo Evandro
Barbosa Mascarenhas
Eng. Agrôn., M.Sc em
Irrigação e Drenagem,
Pesquisador da
Embrapa Amazônia
Oriental, Tv. Dr.
Enéas Pinheiro, s/n,
Caixa Postal 48,
Belém, PA.
CEP 66.095-100.
E-mail:
evandro@cpatu.embrapa.br

Moisés de Souza
Modesto Júnior
Eng. Agrôn.,
Especialista em
Marketing e
Agronegócio, Analista
da Embrapa
Amazônia Oriental,
Tv. Dr. Enéas
Pinheiro, s/n, Caixa
Postal 48, Belém, PA.
CEP 66.095-100.
E-mail:
moises@cpatu.embrapa.br



Cultivo de *Azolla* em Várzea do Rio Guamá, Estuário Amazônico

Introdução

Os solos inundáveis existentes na calha do Rio Amazonas e de seus afluentes de água barrenta são denominados, genericamente, de "várzeas" e ocupam uma área estimada em torno de 19 milhões de hectares (SILVA et al., 1986, 1995), com predominância de solos de média a alta fertilidade (FALESI, 1972). Deste total, a região fisiográfica do estuário amazônico apresenta somente três milhões de hectares, com grandes possibilidades para exploração intensiva com culturas alimentares de ciclo curto, dentre elas o arroz irrigado (MASCARENHAS; LOPES, 2001), o qual, por meio do manejo adequado do solo, permite obter até 20 t/ha/ano, com possibilidade de três safras anuais (KASS et al., 1972), pois a fertilidade natural é renovada periodicamente pelo carregamento de sedimentos organo-minerais em suspensão nas águas depositadas constantemente nas margens inundadas, proporcionando uma fonte inesgotável de nutrientes para as culturas, (LIMA; TOURINHO, 1996). Embora essas várzeas sejam dotadas de boa fertilidade, sua exploração, visando altas produtividades com cultivos intensivos, exige o uso de insumos, entre eles a aplicação de adubos nitrogenados para a manutenção da produtividade.

O nitrogênio é um dos macronutrientes mais importantes para as plantas, sendo constituinte das proteínas, enzimas, ácidos nucléicos e muitos outros compostos. O maior reservatório de nitrogênio do planeta é a atmosfera, com cerca de 78 % do volume atmosférico. Embora sobre cada hectare da terra, haja cerca de 90.000 toneladas desse elemento químico, as plantas superiores não podem utilizá-lo diretamente dessa imensa reserva, pois ele se encontra na forma de nitrogênio molecular (N_2), um gás inerte e muito estável (KISSMANN, 1998).

O nitrogênio passa por uma intensa reciclagem na natureza, da qual participam todos os organismos vivos e a matéria orgânica em decomposição. Se o nitrogênio que é retirado do solo não fosse constantemente repostado, toda a vida na terra desapareceria aos poucos. Esta reposição ocorre, principalmente, pelo processo de fixação biológica. Em uma estimativa modesta, feita por (RAVEN et al., 1999), cerca de 150 a 200 milhões de toneladas de nitrogênio atmosférico são fixadas anualmente no solo via sistemas biológicos. Embora as leguminosas sejam as principais plantas fixadoras de nitrogênio atmosférico em virtude da associação simbiótica com bactérias do gênero *rizobium*, também merece destaque a simbiose mutualística *Azolla-Anabaena*.

Resultados apresentados pela FAO (1978) mostram que a simbiose *Azolla-Anabaena* pode produzir uma tonelada de adubo verde/ha/dia, contendo uma produção de 3 kg de N fixado, equivalente a 15 kg de sulfato de amônio ou 7 kg de uréia. Embora a principal utilização da *Azolla* seja como adubo verde para o arroz, ela também pode ser empregada como composto para outras culturas e na alimentação para bovinos, suínos, peixes, aves e outros (TRAN; DAO, 1973; FAO, 1978; LUNPKIN; PLUCKNETT, 1982; ABREU et al., 1985).

Neste trabalho, são apresentados os resultados de pesquisa com *Azolla* conduzidos em área experimental de várzea do Rio Guamá, no Município de Belém, PA, considerando as condições necessárias para se estabelecer um manejo adequado, visando incentivar a sua utilização em sistemas de produção de arroz irrigado nas várzeas do estuário amazônico.

O que é *Azolla*?

A *Azolla* é uma pteridófito aquática, flutuante, de rápido crescimento, que ocorre em lagos, rios, tanques, campos arrozeiros, nas regiões tropicais e temperadas do globo terrestre. É originalmente nativa da Ásia, África e das Américas, vivendo em simbiose com a alga cianofícia *Anabaena azollae*, capaz de fixar o nitrogênio atmosférico (N₂) alcançando taxas que variam de 450 kg N/ha/ano a 864 kg N/ha/ano (WATANABE, 1978; LUMPKIN; PLUCKNETT, 1980; KOLHE; MITRA, 1990).

Aplicações da *Azolla* na agricultura

- Adubo verde para o arroz irrigado.
- Adubo orgânico para formação de composto no preparo de mudas.
- Forragem para alimentação de peixes, aves, suínos, bovinos e caprinos.
- Controle de plantas daninhas em arroz irrigado.
- Melhoria da qualidade das águas poluídas, podendo absorver altas concentrações de íons de fosfatos e nitratos.
- Aumento do teor de matéria orgânica no solo.
- Redução nos custos de produção, pela substituição total ou parcial dos adubos nitrogenados.

Impacto econômico e ambiental

Em 1999, o consumo mundial de nitrogênio foi de 85 milhões de toneladas. A China liderou o consumo mundial com 23,9 milhões de toneladas, seguida pela Índia e pelos Estados Unidos, com 11,6 e 11,2 milhões de toneladas, respectivamente, ficando o Brasil em quarto lugar, com um consumo de 1,7 milhões de toneladas (YAMADA, 2002). De acordo com esse autor, embora o Brasil ocupe lugar de destaque no cenário mundial, existe um déficit de mais de um milhão de toneladas no consumo de nitrogênio na agricultura brasileira.

No mundo globalizado, o que se verifica são constantes oscilações dos preços relativos do petróleo no mercado internacional, difíceis de serem controlados, agravando, ainda mais, a balança de pagamentos e os problemas com o endividamento externo dos países em desenvolvimento. Com relação a isto, há uma preocupação constante com a dependência de fontes de energia não renovável para a produção de adubos químicos sintéticos, de modo que pode ser socioeconômica e ecologicamente imprudente a utilização dessas fontes em longo prazo. Acredita-se, ainda, que a tecnologia agrícola que emprega pesadamente fertilizantes derivados do petróleo beneficia mais a concentração de renda para os grandes produtores que a distribuição de renda para os pequenos, principalmente aqueles que praticam agricultura familiar.

O cultivo de *Azolla* como fonte natural de fornecimento de nitrogênio para os solos de várzeas do estuário amazônico e o posterior uso pelos pequenos produtores ribeirinhos de baixa renda da agricultura de subsistência, que emprega mão-de-obra familiar, apresentam impacto socioeconômico e ambiental positivo, uma vez que pode substituir parcialmente ou totalmente o emprego de fertilizantes sintéticos nitrogenados provenientes da fixação industrial.

A *Azolla* serve também para a produção de composto orgânico para diversas culturas, principalmente de hortaliças. Pode ser empregada na alimentação de bovinos, suínos, peixes, aves e outros animais, como fonte de proteína e de fibras. Necessita infra-estrutura mínima para ser produzida, evitando elevados custos com mão-de-obra e com a aquisição de fertilizantes industriais. Dessa forma, haverá uma agregação de valor na renda familiar na pequena propriedade e, também, na redução de possíveis perigos de contaminação do lençol freático e ao meio ambiente como um todo, causados pelos fertilizantes industriais nitrogenados.

Espécies existentes e recomendadas de *Azolla*

Existem no mundo sete espécies de *Azolla*, incluindo as duas variedades de *A. pinnata*, que são: *A. pinnata* var. *imbriacata*, *A. pinnata* var. *pinnata* e *A. mexicana*, *A. caroliniana*, *A. microphylla*, *A. filiculoides*, *A. nilotica* e *A. rubra* (LUMPKIN; PLUCKNETT, 1982), sendo uma preocupação a adaptação desses materiais às condições locais. Segundo Matos (1983), todas as espécies foram obtidas do Centro Nacional de Pesquisa em Arroz e Feijão (CNPAP), de Goiânia, para avaliar, em experimentos, a capacidade de adaptação às condições de várzea do Rio Guamá. As espécies que melhor se adaptaram durante todo o ano de 1990 foram as cinco primeiras. As espécies *A. caroliniana*, *A. microphylla* e *A. filiculoides* apresentaram bons rendimentos somente no período chuvoso, de dezembro a junho, enquanto, na estiagem, o cultivo dessas espécies demandou mais de mão-de-obra e construção de infra-estrutura para manutenção do crescimento, aumentando o custo de produção. Também foi observado por Mascarenhas et al. (1996) que a *A. caroliniana* é bastante sensível ao ataque de lagartas da família Pyralidae, que limitam seu cultivo. As espécies *A. nilotica* e *A. rubra* não se adaptaram e morreram, tanto em casa de vegetação como no campo, sendo, por conseguinte, não recomendáveis para o cultivo em várzea do estuário amazônico (MATOS, 1983).

Fatores ambientais que atuam no crescimento da *Azolla*

Solo e clima

Os solos devem ser, preferencialmente, de boa fertilidade, hidromórficos, mal drenados e de textura argilosa ou siltosa, entre os quais se destacam os solos de várzea. Devem ser evitados solos arenosos ou argilosos bem estruturados, pois facilitam a perda de água por infiltração.

Na várzea do Rio Guamá, no estuário amazônico, o solo é classificado como Glei Pouco Húmico Eutrófico, argila de atividade alta, horizonte A moderado, textura argilosa, formação pioneira e relevo plano (FALESI, 1972; SANTOS et al., 1983), correspondente ao Gleissolo Háptico Ta Eutrófico do atual Sistema Brasileiro de classificação de solos (EMBRAPA, 1999), que oferece excelentes condições para cultivos de espécies que necessitam de solos submersos, como é o caso da *Azolla*. Além disso, apresenta vantagem em relação aos solos argilosos de terra firme, graças às constantes deposições de sedimentos nas margens inundadas, o que contribui para a manutenção da fertilidade.

A *Azolla* apresenta maior crescimento em áreas com precipitação pluviométrica mensal acima de 200 mm de chuva, umidade relativa do ar em torno de 85 % e 90 %, pois abaixo de 60 % apresenta aspecto frágil, ficando mais susceptível às condições adversas. Resultados similares foram obtidos por Watanabe (1978).

De modo geral, a temperatura ótima para o desenvolvimento e fixação de nitrogênio atmosférico pela *Azolla* situa-se entre 20 °C e 30 °C (FAO, 1978).

O clima do Município de Belém (Tabela 1), onde foram conduzidos os experimentos com *Azolla*, pertence, segundo a classificação de Köppen, ao tipo Afi tropical chuvoso, sem estação seca definida, apresentando chuvas relativamente abundantes o ano todo, com a menor precipitação mensal sempre superior a 60 mm e a temperatura do mês menos quente acima de 18 °C (BASTOS, 1972). De acordo com valores médios de 1967 a 1996, obtidos da Estação Agrometeorológica da Embrapa Amazônia Oriental, distante cerca de 3 km da área experimental, as temperaturas máxima e mínima e a umidade relativa do ar foram 31,8 °C; 22,9 °C e 84 %, respectivamente, sendo este último parâmetro sempre mais elevado na época de maior precipitação pluviométrica (dezembro a junho), com total anual médio de 3.001,3 mm.

Tabela 1. Dados meteorológicos médios e extremos de Belém, PA. Período: 1967 a 1996.

Mês	Temperatura do ar °C					UR (%)	Chuva (mm)		Ins. (h)	Vento	
	Máx.	Min.	TXA	TMA	Média		Total	Máx. 24		D	V m/s
Jan	31,1	22,9	34,3	20,0	26,0	88	378,1	107	140,9	NE	1,3
Fev	30,7	23,0	34,7	20,2	25,8	89	426,6	130	108,4	NE	1,3
Mar	30,7	23,1	36,0	20,5	26,0	89	441,2	136	111,5	NE	1,3
Abr	31,2	23,3	34,0	20,7	26,2	89	381,5	125	134,2	E	1,3
Mai	31,8	23,3	34,6	21,0	26,4	86	299,8	105	190,4	E	1,4
Jun	32,0	23,9	33,9	19,9	26,4	83	172,0	95	236,7	E	1,6
Jul	32,0	22,5	34,0	20,0	26,2	82	160,7	101	259,0	E	1,5
Ago	32,4	22,6	35,2	20,5	26,5	81	140,0	88	268,4	E	1,5
Set	32,5	22,6	35,2	19,4	26,6	81	139,8	54	242,2	NE	1,6
Out	32,6	22,7	35,0	20,0	26,8	80	119,3	73	244,2	NE	1,6
Nov	32,7	22,9	35,7	20,0	27,0	80	122,7	59	214,8	NE	1,6
Dez	32,2	23,0	36,6	20,4	26,7	83	219,6	109	187,3	NE	1,4
Ano	31,8	22,9	36,0	19,4	26,4	84	3001,3	136	2338,3	NE	1,5

Máx. = temperatura máxima	Total = chuva total
Min. = temperatura mínima	Máx. 24 = chuva máxima em 24 horas
TXA = temperatura máxima absoluta	Ins. (h) = insolação
TMA = temperatura mínima absoluta	D = direção do vento
Média = temperatura média	V m/s = velocidade do vento
UR (%) = umidade relativa	

Fonte: Bastos et al. (2002).

Água

Por ser espécie aquática flutuante, a *Azolla* não sobrevive em ambiente seco e, quando fora da água, morre em poucas horas. De modo geral, aconselha-se cultivá-la em uma lâmina de água em torno de 10 cm. No período chuvoso (janeiro a junho), em virtude do excesso de precipitação, deve-se efetuar a drenagem da água sempre que a lâmina ultrapassar a faixa indicada, para evitar o transbordamento dos berçários ou tabuleiros.

Tabuleiros com lâminas de água superiores à indicada ficam sujeitos à ação dos ventos e das correntezas, que provocam acumulação de *Azolla* nas suas extremidades. Segundo Abreu et al. (1985), isto favorece a ocorrência de condições de superpopulação nas bordas dos tabuleiros, o que impede o crescimento da planta, em decorrência da falta de espaço livre.

É importante que seja fácil o acesso à água para inundação dos berçários ou tabuleiros e manutenção da lâmina de água. Além disso, quanto mais rica em nutrientes for a água, menor será a necessidade de adubação, como é o caso do Rio Guamá.

Salinidade

O crescimento da *Azolla* diminui, gradativamente, com o aumento da salinidade da água (LUMPKIN; PLUCKNETT, 1980). Nas condições de várzea do Rio Guamá, a *Azolla* se desenvolve bem de janeiro até agosto, período em que a salinização da água medida por meio da condutividade elétrica variou de 80 mS, em fevereiro, para 132 mS, em agosto. Entretanto, no período de pouca chuva, principalmente nos meses de outubro e dezembro, a condutividade elétrica chegou a atingir valores de 511 mS e 931 mS, respectivamente, retardando o crescimento da planta. Para solucionar essas condições desfavoráveis, recomenda-se efetuar a troca da água dos berçários ou tabuleiros, pelo menos uma vez por semana, bem como aumentar a lâmina de água para, aproximadamente, 15 cm.

Nutrientes

A *Azolla* requer os mesmos nutrientes essenciais às plantas superiores. Porém, o fósforo é o elemento mais limitante ao crescimento da *Azolla* em várzea do Rio Guamá, pois a taxa de conversão de nitrogênio absorvido é diretamente proporcional à sua aplicação.

Resultados de trabalhos experimentais revelaram que concentrações menores que 0,6 ppm de P na solução nutritiva diminuem o crescimento da *Azolla* e a fixação de N_2 (SUBUDHI; WATANABE, 1979). Em meio deficiente em fósforo, a *Azolla* apresenta-se com uma coloração avermelhada e suas raízes sofrem um enrolamento (COHN; RENLUND, 1952, citados por LUMPKIN; PLUCKNETT, 1982).

Pesquisas do International Rice Research Institute (IRRI) mostram que o fósforo é mais bem ministrado em cinco aplicações de 2,5 kg de P_2O_5 /ha, com intervalo de dois dias (FAO, 1978), enquanto Sing (1979) indicou superfosfato na taxa de 4 kg a 8 kg de P_2O_5 /ha/semana/colheita, em que 1 kg de P_2O_5 contribui para a produção de uma quantidade de *Azolla* equivalente a cerca de 3 kg de N. Para Talley e Rains (1980), 2,3 kg a 4,5 kg de P_2O_5 /ha, com o superfosfato aplicado a cada cinco dias, mantêm o crescimento ótimo da *Azolla*.

Para as condições de várzea do Rio Guamá, dependendo do espaço de tempo e do volume de massa verde que se deseja produzir, recomenda-se aplicar o fósforo com um pulverizador costal manual, na forma de adubação

foliar, parcelado de duas a até três aplicações, podendo-se variar de três em três dias até 7 a 14 dias. Sugere-se utilizar o adubo químico superfosfato triplo comercial, aplicado na dosagem de 5 kg de P_2O_5 /ha, em solução a 1 %, ou seja, 10 g do adubo para cada litro de água. Para aumentar a solubilidade, o adubo deve ser moído e passado em peneira de 0,71 mm de malha. Os berçários de *Azolla* com finalidade apenas de manutenção das espécies deverão receber poucas aplicações de fósforo, de modo a evitar ataque de larvas de insetos, que preferem uma planta bem nutrida.

Luminosidade

As espécies apresentaram coloração avermelhada quando estavam expostas a forte intensidade de radiação solar e coloração verde quando colocadas à sombra. Nos meses de julho a novembro, período em que a radiação solar é mais intensa, é limitado o crescimento das espécies *A. caroliniana*, *A. microphylla* e *A. filiculoides*, pois as mesmas somente podem ser mantidas em viveiros, com emprego de gastos elevados com mão-de-obra e com a construção de infra-estruturas que permitam o sombreamento com, pelo menos, 50 %.

De acordo com Lumpkin e Plucknett (1980); Talley e Rains (1980), a *Azolla* desenvolve-se melhor e obtém maior atividade de nitrogenase quando está sob condições de 50 % do máximo de luz dos raios solares.

Preparo da área

O preparo da área deve ser iniciado a partir de julho, no início da época de pouca chuva, pois a umidade do solo é o fator limitante para o êxito das operações de limpeza da área. Por isso, ao contrário do que se faz em terra firme, o encoivamento nas várzeas deve ser feito antes da queima. Portanto, em área de mata, recomenda-se seguir o sistema de preparo de área com broca, deruba, rebaixamento, coivara, queima e destocamento. Segundo Lima e Tourinho (1996), o roçado está em condições de ser queimado após um mês e meio da derrubada e gastam-se, em média, 20 dias de trabalho para queimar e coivar um hectare de roçado de mata, em várzea do Rio Guamá.

Visando reduzir os custos de produção, as áreas mais adequadas ao cultivo de *Azolla* e conseqüentemente de arroz irrigado, são de preferência as de várzea baixa, com capoeira rala ou recém cultivadas, isentas de tocos e raízes.

Preparo dos berçários de multiplicação

O sucesso do cultivo da *Azolla* depende da construção de uma infra-estrutura que possibilite estabelecer um sistema racional de irrigação e drenagem, para permitir o controle da lâmina de água, durante todo o desenvolvimento da planta. Portanto, faz-se necessário efetuar a sistematização da área por meio do nivelamento do solo, construções de canais, diques ou taipas, comportas, sistema de bombeamento, etc., para regular a profundidade da água dentro dos berçários ou tabuleiros.

Devem ser construídos diques perimetrais e internos com o solo de várzea do próprio local. Os primeiros circundam toda a área e devem ter uma altura em torno de 0,80 m a 1,00 m, para evitar a entrada de marés altas que ocorrem por ocasião dos equinócios, de 21 de março e 23 de setembro. Os diques internos são menores e apresentam a finalidade de delimitar o tamanho dos berçários e reter a água de irrigação com a lâmina de água adequada.

Tamanho dos berçários

A área dos berçários deve ser dimensionada em função da quantidade de *Azolla* que se deseja produzir. Para facilitar a manutenção, o cálculo da mão-de-obra necessária e o cálculo da quantidade de adubos e defensivos a serem utilizados, recomenda-se preparar berçários com medidas de 10 m de largura por 100 m de comprimento, desde que sejam subdivididos a cada 10 m, formando subdivisões com área máxima permitida de até 100 m².

Preparo do solo

O solo pode ser preparado manualmente ou com microtrator acoplado com roda de ferro e enxada rotativa, próprio para trabalho em condições de solo alagado, até a eliminação total das plantas daninhas. No sistema mecanizado, recomenda-se efetuar a irrigação dos berçários até atingir uma lâmina de água de 5 cm, para facilitar a desagregação entre as partículas de solo. Segundo Lima e Tourinho (1996), quando se ara o solo de várzea demasiadamente seco, a penetração do arado torna-se difícil e a tração mais pesada, resultando em grandes torrões difíceis de serem desestruturados.

Posteriormente, efetua-se o nivelamento da área, com o auxílio de tábuas de madeira ou de tubo PVC, com diâmetro de 150 mm, para obtenção de uma profundidade uniforme da água.

Implantação da *Azolla* no campo

Antes da implantação da *Azolla* no campo, é necessário efetuar a confecção de uma proteção flutuante de formato quadrado ou retangular, situando-a no centro do berçário ou tabuleiro, para evitar a dispersão das plantas sobre a água. Esta proteção pode ser feita com material sintético, como isopor, por exemplo, ou natural, com hastes de bambu ou pseudocaules das plantas conhecidas vulgarmente como “aninga” (*Montrichardia arborescens* Schott e *Montrichardia linifera* Schott), geralmente encontrada nas áreas de várzea. A implantação consiste na distribuição da *Azolla* na forma de matéria fresca, dentro da área de proteção, sobre a lâmina de água. À medida que o crescimento desta planta vai se acentuando, a área interna da proteção também deve ser aumentada e somente retirada quando os berçários ou tabuleiros estiverem totalmente cobertos pela *Azolla*.

Taxa de implantação

Para iniciar o cultivo de *Azolla*, qualquer quantidade da planta pode ser utilizada e introduzida em um berçário. Entretanto, caso se tenha *Azolla* cultivada em quantidade suficiente, procede-se à sua multiplicação em berçários ou tabuleiros, utilizando-se uma taxa de implantação que pode variar de 0,3 kg/m² a 0,5 kg/m² de matéria fresca.

Tratos culturais

Controle de plantas daninhas

As plantas daninhas que mais competem com a *Azolla* são as aquáticas, conhecidas vulgarmente por “mururés”, que são: *Lophotocarpus guyanensis* Th. Dur. & Schinz, *Eichhornia azurea* Kunth, *Eichhornia crassipes* Kunth, *Limmonocharis flava* Buch e *Limnanthemum humboldtianum* Griseb. Como as condições para o cultivo da *Azolla* proporcionam um habitat favorável ao desenvolvimento dessas plantas daninhas e, por estas serem abundantes e altamente adaptadas às condições de várzea do Rio Guamá, concorrem com grande vantagem sobre a *Azolla* por água, luz, espaço e nutrientes.

O controle dessas plantas deve ser feito manualmente, por meio do arranquio, sempre que for necessário.

Controle de pragas

Da mesma forma que a várzea do Rio Guamá fornece excelentes condições para o desenvolvimento da *Azolla*, possibilita também a infestação de pragas, as quais devem estar relacionadas com o ecossistema natural. Segundo Lumpkin e Plucknett (1982), as pteridófitas pertencem a um dos grupos mais resistentes às pragas no reino vegetal, porém, infelizmente, a *Azolla* é uma exceção. Sing (1979) e Abreu et al. (1985) condicionam que o controle efetivo de pragas e doenças é indispensável para a obtenção de bons resultados com o cultivo da *Azolla*.

Na região de Minas Gerais, a incidência de pragas é mais comum durante o verão, com temperaturas acima de 28 °C, tornando-se um problema para o cultivo de *Azolla*. Observou-se em experimentos que os insetos que atacam a *Azolla* são diferentes dos que atacam o arroz, entre os principais estão: *Pylalis* sp., *Nymphula* sp., *Cryptoblabis* sp. e *Bagous* sp. (ABREU et al., 1985).

Na várzea do Rio Guamá, verificou-se a ocorrência da lagarta *Pylalidae* (Lepidoptera) durante todo o ano, sendo que um ataque severo pode consumir, em 48 horas, em torno de 80 % a 90 % da área de um berçário cultivado com *Azolla*. Geralmente, o ataque de lagartas ocorre quando a *Azolla* apresenta seu pico máximo de crescimento, com duas camadas espessas, formando um ambiente propício ao desenvolvimento da larva.

Além dos insetos, que são pragas comuns, também foi observada a ocorrência acentuada de caracóis, no período de agosto a dezembro, atacando a *Azolla* pelas suas raízes, causando a morte das plantas. Segundo Reynaud (1986), as populações de caracóis de água doce, *Limnea natalensis*, podem alcançar 100 g de peso fresco/m² e, em duas semanas, destroem 500 g de inóculo de *Azolla*.

Vários métodos de controle têm sido empregados visando reduzir ao máximo os danos causados por pragas. O Forate 10 g (Thimet) aplicado na dosagem recomendada, de 12,5 kg/ha, para o controle de insetos, também controla os caracóis (RAJAN ASARI; DALE, 1978). As larvas de insetos pertencentes às ordens lepidoptera (*Nymphula*) e diptera (*Chironomus*) foram efetivamente controladas com 2-3 kg/ha de ingrediente ativo de Furadan (Carbofuran) (WATANABE, 1978). A mistura da menor dosagem desse produto (de 3 mg/kg a 30 mg/kg de *Azolla*) juntamente com o inóculo protege o cultivo por uma semana do ataque de insetos.

Na várzea do Rio Guamá, o controle de lagartas foi bem sucedido por meio de aplicações do inseticida Malatol (Malathion) a 0,1 %. O inseticida Decis (Deltamethrine),

aplicado na mesma dosagem, também controlou eficientemente as lagartas e os caracóis, porém não deve ser pulverizado em berçários ou tabuleiros onde se cultivam *Azolla* em consórcio com peixes, uma vez que este produto é letal aos animais de sangue frio. Para redução dos custos com mão-de-obra, os mesmos podem ser adicionados na solução da adubação foliar.

A literatura pertinente mostra que o controle químico contra pragas de *Azolla* tem sido usado largamente em seu cultivo, no entanto, o efeito tóxico em relação ao meio ambiente faz com que se pesquise métodos alternativos de controle. Como medida preventiva, recomenda-se colher a *Azolla* sempre que ela ocupar 100 % da área do berçário.

Produtividade da *Azolla*

Visando avaliar o potencial produtivo das espécies de *Azolla*, foi conduzido nos anos 1995 e 1996 um experimento, em delineamento experimental de blocos casualizados com quatro repetições, cujos tratamentos consistiram nas espécies *Azolla pinnata* var *imbricata*, *A. pinnata* var *pinnata* e *A. mexicana*. A produtividade média das respectivas espécies, obtidas aos 14 dias da inoculação de 0,3 kg/m² de matéria fresca, encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2. Peso de matéria fresca e seca, conteúdos de N, P e K absorvidos e equivalência em adubos químicos uréia, sulfato de amônio, superfosfato triplo e cloreto de potássio, com base na matéria seca das espécies *Azolla pinnata* var *imbricata*, *A. pinnata* var *pinnata* e *A. mexicana*, colhidas aos 14 dias após a inoculação, em várzea do rio Guamá, estuário amazônico.

Espécie	Matéria fresca	Matéria seca	N	P	K	Uréia	Sulfato de amônio	Superf triplo	Cloreto de potássio
(kg/ha)									
<i>A. pinnata</i> var <i>imbricata</i>	11.052,2	591,8	18,55	1,27	7,62	41,22	92,75	6,46	15,24
<i>A. pinnata</i> var <i>pinnata</i>	10.831,5	568,2	18,41	1,14	7,19	40,91	92,05	5,80	14,38
<i>A. mexicana</i>	11.055,2	633,8	22,78	1,55	8,65	50,62	113,90	7,89	17,30
Média	10.979,6	597,9	19,91	1,32	7,82	44,25	99,57	6,72	15,64

Para a produção de 3 t/ha de grãos de arroz, são necessários 46 kg de N/ha, 8 kg de P/ha e 13 kg de K/ha (MALAVOLTA, 1984). Estimativas com base na produtividade média das *Azollas* mostradas na Tabela 2 indicam que, aos 14 dias, as espécies podem contribuir para a incorporação ao solo com 43 % de N, 16,5 % de P e 60 % de K, para se obter a mesma produção.

Colheita

A colheita é realizada aos 14 dias após a implantação da *Azolla* no campo, com auxílio de puçás, peneiras ou telas de nylon, conduzindo suavemente a planta a um dos cantos de cada subdivisão do berçário, sempre que a mesma ocupar 100 % da área disponível para crescimento. Isto se justifica porque, após o pico máximo de crescimento, o incremento diário de biomassa não tem como se expandir, tendo como fator limitante a área disponível. Então, o crescimento se estabiliza e as plantas começam a morrer, em decorrência da formação de um "tapete" espesso que dificulta o recebimento da luz solar pelas plantas situadas nas camadas mais abaixo e a penetração das raízes das plantas localizadas na superfície do tapete, reduzindo a absorção de água e nutrientes. Resultados semelhantes foram encontrados por Van Hove e Lopez (1983), citado por Liva (1985). Pesquisas experimentais realizadas na várzea do Rio Guamá indicaram que a melhor época de colheita da *Azolla* é aos 14 dias após a sua inoculação no campo (MASCARENHAS et al., 1996).

Sistemas de cultivo de *Azolla* com arroz irrigado

A *Azolla* é largamente utilizada em diversos países, principalmente como uma fonte alternativa de adubação nitrogenada para a cultura do arroz irrigado em terras baixas (várzeas). Basicamente, existem três métodos de utilização de *Azolla* em arroz irrigado, que são:

Azolla incorporada

A *Azolla* é incorporada ao solo antes do plantio de arroz. Para a várzea do Rio Guamá, recomenda-se efetuar a inoculação com 15 dias de antecedência, sendo a incorporação ao solo realizada na véspera da semeadura ou transplantio do arroz.

Azolla em consórcio

No sistema consorciado, a *Azolla* é cultivada sobre a superfície da lâmina de água da irrigação, entre os espaçamentos das plantas de arroz. Para não haver competição entre as culturas, aconselha-se inocular a *Azolla* aos 25 a 30 dias após a semeadura do arroz ou cinco a dez dias após o seu transplantio, antes da fase de perfilhamento máximo do arroz. Neste sistema, a *Azolla* também promove o controle de plantas daninhas, com exceção das aquáticas. O controle ocorre quando a *Azolla* forma uma pesada camada espessa sobre a lâmina de água, que abafa as plantas daninhas, atuando como uma resistência física ou impedindo a realização da fotossíntese das mesmas.

Azolla incorporada e em consórcio

É a utilização dos dois sistemas anteriormente relatados. Recomenda-se o emprego deste sistema em virtude de apresentar a vantagem de fornecer maior quantidade de nitrogênio e matéria orgânica, por meio da *Azolla* como adubo verde, desde a semeadura ou transplantio até a colheita do arroz.

Na prática, para o cultivo de um hectare de arroz irrigado em várzea do Rio Guamá utilizando-se a implantação de *Azolla* na taxa de 0,3 kg/m² de matéria fresca, são necessárias três toneladas de *Azolla* para incorporação ao solo antes da semeadura ou transplantio do arroz, e a mesma quantidade para serem aplicadas em consórcio com o arroz. Como a produtividade média em peso de matéria fresca das espécies indicadas foi na ordem de 1,1 kg/m², será necessária a utilização de três berçários com, aproximadamente, 10 m de largura por 90 m de comprimento, subdivididos a cada 10 m.

Na Tabela 3, são apresentados os resultados experimentais dos sistemas de cultivo de *Azolla* com arroz irrigado, em comparação com adubação mineral na base de 60 kg/ha de nitrogênio e testemunha (sem *Azolla* e sem adubo mineral). Os experimentos foram conduzidos em 1989 com a *Azolla pinnata* var *imbricata*, no período chuvoso e de estiagem, em área sistematizada para o emprego de irrigação por inundação, com lâmina de água variando de 10 cm a 15 cm. Utilizou-se a cultivar de arroz irrigado BR3-Caeté em plantio feito com sementes pré-germinadas, efetuando-se, após a emergência do arroz, o desbaste, mantendo-se cinco mudas por cova, no espaçamento de 0,25 cm x 0,25 cm, em parcelas de 36 m² e delineamento experimental de blocos casualizados com quatro repetições.

Tabela 3. Produtividade média de arroz em casca, da cultivar BR3-Caeté, obtida nos sistemas de cultivo de *Azolla* em comparação com adubação mineral na base de 60 kg/ha de nitrogênio e testemunha, no período chuvoso e de estiagem, realizado na várzea do Rio Guamá, estuário amazônico – Belém, PA.

Sistemas de cultivo de <i>Azolla</i>	Produtividade de arroz em casca (kg/ha)	
	Período chuvoso	Período de estiagem
<i>Azolla</i> incorporada e arroz	2.389,58	4.439,43
<i>Azolla</i> em consórcio com arroz	2.035,41	2.532,94
<i>Azolla</i> incorporada e em consórcio com arroz	2.344,16	4.766,47
Adubação mineral (60 kg/ha de nitrogênio)	1.712,49	4.555,26
Testemunha (sem <i>Azolla</i> e sem adubação)	1.941,24	3.411,97

Apesar de não ter havido diferença significativa pelo teste Tukey com 5 % de probabilidade, o sistema de produção com *Azolla* incorporada e em consórcio com arroz proporcionou um aumento de 27 % e 5 %, respectivamente, em relação à produtividade média da mesma cultivar com adubação mineral na base de 60 kg de N/ha, sem emprego de *Azolla*.

Considerações Finais

O emprego do sistema de cultivo de *Azolla* incorporada e em consórcio com arroz irrigado em várzea do Rio Guamá é capaz de substituir a adubação nitrogenada mineral na base de 60 kg de N/ha, constituindo-se uma alternativa econômica e viável para baratear o custo deste nutriente. A produção de *Azolla* implica apenas na adubação fosfatada na base de 5 kg de P_2O_5 /ha, no entanto, esta quantidade é devolvida ao solo por ocasião da incorporação da *Azolla*.

Considerando que a média dos preços dos adubos químicos uréia, sulfato de amônio, superfosfato triplo e cloreto de potássio, de cinco estabelecimentos comerciais no mercado de Belém, em dezembro de 1998, respectivamente, U\$ 0.48/kg, U\$ 0.40/kg, U\$ 0.48/kg e U\$0.48/kg, depreende-se, de acordo com os conteúdos de N, P e K absorvidos pelas espécies indicadas, que a *Azolla* permite uma economia ao produtor em torno de U\$ 32.00 a U\$ 51.00 por hectare, em relação à adubação química mineral, descontados os 5 kg da adubação fosfatada.

Referências

- ABREU, C. A. ; PURCINO, J. R. C.; PURCINO, A. A. **Azolla**: fonte alternativa de nitrogênio para o arroz irrigado cultivado em várzeas inundáveis. Belo Horizonte: EPAMIG, 1985. 20 p. (EPAMIG. Boletim Técnico, 20).
- BASTOS, T. X. O Estado atual dos conhecimentos das condições climáticas da Amazônia brasileira. In: INSTITUTO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO NORTE. **Zoneamento Agrícola da Amazônia (1ª aproximação)**. Belém, PA, 1972. p. 68 – 122. (IPEAN. Boletim Técnico, 54).
- BASTOS, T. X.; PACHECO, N.; NECHET, D.; SÁ T. D. de A. **Aspectos climáticos de Belém nos últimos cem anos**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 31p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 128).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412 p.
- FALESI, I.C. O Estado atual dos conhecimentos sobre os solos da Amazônia brasileira. In: INSTITUTO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO NORTE. **Zoneamento agrícola da Amazônia (1ª aproximação)**. Belém, 1972. p.17-67. (IPEAN. Boletim Técnico, 54).
- FAO. *Azolla* propagation and small-scale biogas technology. Roma, 1978. 81 p. (FAO. Soil Bulletin, 41).
- KASS, D. L.; FURLAN JÚNIOR, J.; LOPES, A. de M. **Cultivares de arroz irrigado capazes de produzir três safras por ano**. Belém: IPEAN, 1972. (IPEAN. Comunicado Técnico, 33).
- KISSMANN, K. G. O nitrogênio e as plantas. **Atualizadas Agrícolas**. Depto. Agro – BASF, São Bernardo do Campo-SP, nov, p. 8-15.1998.
- KOIH, S. S.; MITTRA, B. N. *Azolla* as an organic source of nitrogen in a rice-wheat cropping system. **Tropical Agriculture**, Trindade, v. 67, n.3, p. 267-269, 1990.
- LIMA, R. R.; TOURINHO, M. M. **Várzeas do Rio Pará, principais características e possibilidades agropecuárias**. Belém, PA: FCAP. Serviço de Documentação e Informação. 1996. 124 p.
- LIVA, M. L. **Efeito de fatores ambientais no desenvolvimento da *Azolla* e recuperação pelo arroz (*Onyza sativa* L.) do N (15 N) – *Azolla* incorporada ao solo**. 1985. Tese (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz, Piracicaba, SP, 1985.
- LUMPKIN, T. A.; PLUCKNETT, D. L. ***Azolla* as a green manure**: use and management in crop production. Colorado: Westview, 1982. 230 p. (Westview Tropical Agriculture Series, 5).
- LUMPKIN, T. A.; PLUCKNETT, D. L. *Azolla*: botany, physiology and use as a green manure. **Economic Botany**, v. 34, n.2, p. 111-153, 1980.
- MALAVOLTA, E. **Potássio, magnésio e enxofre nos solos e culturas brasileiras**. 4. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1984. 91 p. (POTAFOS. Boletim Técnico, 4).
- MASCARENHAS, R. E. B.; LOPES, A. de M. **Cultivo de arroz irrigado em várzea do estuário amazônico**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 37p. (Embrapa Amazônia Oriental. Circular Técnica, 24).

MASCARENHAS, R. E. B. **Manejo de água em arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado em várzea do Rio Guamá, estuário amazônico, Belém – Pará.** 1987. Tese (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Piracicaba, São Paulo, 1987.

MASCARENHAS, R. E. B.; FERREIRA, W de A.; MODESTO JÚNIOR, M. de S.; BOTELHO, S. M. **Conteúdos de NPK em biomassa de espécies de *Azolla* cultivadas em várzea do rio Guamá – Belém, PA.** Belém, PA: EMBRAPA – CPATU, 1996. 19 p. (EMBRAPA – CPATU. Boletim de Pesquisa, 166).

MATOS, A. O. **Introdução e avaliação de *Azolla* e quantificação do nitrogênio atmosférico fixado nas várzeas da Amazônia.** Belém: EMBRAPA-CPATU, 1983. (EMBRAPA, PNP de Avaliação de Recursos Naturais e Socioeconômicos do Trópico Úmido – Projeto: 028.83.008/1. Form 12/88).

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICORN, S. E. **Biologia Vegetal.** 6.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999.

RAJAN ASARI, P. A. ; DALE, A. New enemy of *azolla*. **International Rice Research Newsletter**, Manila, v. 3, p. 17, 1978.

REYNAUD, P. A. Control of the *Azolla* pest *Limnea natalensis* with molluscicides of plant origin. **International Rice Research Newsletter**, Manila, v. 11, n. 3, p. 27-28, 1986.

SANTOS, P.C.T.C. dos; VIEIRA, L. S.; VIEIRA, M. de N. F.; CARDOSO, A. **Os solos da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará.** Belém: FCAP, 1983. 60 p. (FCAP. Informe Didático, 5).

SILVA, B. N. R. da.; FREIRE, E. M. da S.; SILVA, L. G. T. Zoneamento agrossilvopastoril da Amazônia: estado atual do conhecimento. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1., 1984, Belém, PA. **Anais...** Belém: EMBRAPA – CPATU, 1986, v. 6, p. 225-240. (EMBRAPA – CPATU. Documentos, 36)

SILVA, B. N. R. da. **Área de pesquisa de recursos naturais e meio ambiente:** Plano Diretor – 1995. Belém: EMBRAPA- CPATU. 18 p. Digitado.

SING, P. K. **Use of *Azolla* in India.** Trabalho apresentado na International Rice Research Conference, Los Baños, Legume Philippines, 1979.

SUBUDHI, B. P. R.; WATANABE, I. Minimum level of phosphate in water for growth of *Azolla* determined by continuous flow culture. **Current Science**, v. 48, n.24, p. 1065-1066, 1979.

TALLEY, S. N.; RAINS, D. W. *Azolla* as a nitrogen source for temperate rice. In: NEWTON, W. E.; ORME – JOHNSON, W. H. (Eds.). **Nitrogen fixation.** Baltimore: University Park, 1980, v. 2, p. 311-320.

TRAN, Q. T.; DAO, T. T. ***Azolla*: a green compost.** [S.n.: S.I.], 1973. P. 119-127. (Vietnamese Studies, 38; Agriculture Problems, Agronomy Data 4).

YAMADA, T. Há déficit de mais de 1 milhão de toneladas de nitrogênio na agricultura brasileira. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba-SP, n. 98, jun., p.20, 2002,

WATANABE, A. L. *Azolla* and its use in low/and rice culture. **Soil and Microbe**, v. 20, p. 1-10, 1978.

Circular Técnica, 45



Esta publicação está disponível no endereço:
<http://www.cpatu.embrapa.br>

Exemplares da mesma podem ser adquiridos na:

Embrapa Amazônia Oriental

Endereço: Tv. Dr. Enéas Pinheiro s/n, Caixa Postal 48.

CEP 66 095-100, Belém, PA.

Fone: (91) 3204-1000

Fax: (91) 3276-9845

E-mail: sac@cpatu.embrapa.br

1ª edição (2007): Formato Digital

Comitê de publicações:

Presidente: Gladys Ferreira de Sousa

Membros: Ana Carolina Martins de Queiroz, Luciane Chedid Melo Borges, Paulo Campos Christo Fernandes, Vanessa Fuzinatto Dall'Agnol, Walkymário de Paulo Lemos

Revisores Técnicos:

Paulo Chaves - Embrapa Amazônia Oriental

Gladys Ferreira de Sousa - Embrapa Amazônia Oriental

Expediente:

Supervisor editorial: Adelina Belém

Supervisão gráfica: Guilherme Leopoldo da Costa Fernandes

Revisão de texto: Luciane Chedid Melo Borges

Normalização: Adelina Belém

Editoração eletrônica: Francisco José Farias Pereira

CGPE 6716