

ISSN 0100-8102

Boletim de Pesquisa

Maio, 1996

Número, 166

***Conteúdos de NPK
em Biomassa de Espécies
de Azolla Cultivadas
em Várzea do Rio Guamá,
em Belém, PA***

Embrapa

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental
Ministério da Agricultura e do Abastecimento*

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Presidente da República

Fernando Henrique Cardoso

MINISTRO DA AGRICULTURA, DO ABASTECIMENTO E DA REFORMA AGRÁRIA

José Eduardo Andrade Vieira

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA

Presidente

Alberto Duque Portugal

Diretores

**Dante Daniel Giacomelli Scolari
Elza Ângela Battaglia Brito da Cunha
José Roberto Rodrigues Peres**

Chefia do CPATU

**Dilson Augusto Capucho Frazão – Chefe Geral
Emeieocípio Botelho de Andrade – Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento
Luiz Octávio Danin de Moura Carvalho – Chefe Adjunto de Apoio Técnico
Antonio Ronaldo Teixeira Jatene – Chefe Adjunto Administrativo**

***Conteúdos de NPK em Biomassa
de Espécies de Azolla Cultivadas
em Várzea do Rio Guamá,
em Belém, PA***

Raimundo Evandro Barbosa Mascarenhas
Waldemar de Almeida Ferreira
Moisés de Souza Modesto Júnior
Sonia Maria Botelho

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:

EMBRAPA-CPATU

Trav. Dr. Enéas Pinheiro, s/n

Telefones: (091) 246-6653, 246-6333

Telex: (91) 1210

Fax: (091) 226-9845

Caixa Postal, 48

66095-100 – Belém, PA

Tiragem: 500 exemplares

Comitê de Publicações

Antonio Ronaldo Camacho Baena – Presidente

Ari Pinheiro Camarão

Célia Maria Lopes Pereira

Emeleocípio Botelho de Andrade

Ismael de Jesus Matos Viégas

Maria de Lourdes Reis Duarte

Maria de Nazaré Magalhães dos Santos – Secretária Executiva

Moacyr Bernardino Dias Filho

Noemi Vianna Martins Leão – Vice-Presidente

Raimundo Nonato Brabo Alves

Sérgio de Mello Alves

Revisores Técnicos

Ana Lúcia Borges – EMBRAPA-CNPMP

Areolino de Oliveira Matos – EMBRAPA-CPATU

Carlos Alberto Costa Veloso – EMBRAPA-CPATU

Janice Guedes de Carvalho – UFLA

Quirino A. de C. Carmelo – ESALQ

Expediente

Coordenação Editorial: Antonio Ronaldo Camacho Baena

Normalização: Célia Maria Lopes Pereira

Revisão Gramatical: Maria de Nazaré Magalhães dos Santos

Moacyr Bernardino Dias Filho (texto em inglês)

Composição: Euclides Pereira dos Santos Filho

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: EMBRAPA-CPATU,
1996. 19p. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa, 166).

1. *Azolla* – Análise – Brasil – Pará – Várzea do rio Guamá. 2. Adubação ver-
de. 3. Arroz irrigado – Adubação verde. I. Ferreira, W. de A., colab. II. Modesto
Júnior, M. de S., colab. III. Botelho, S.M., colab. IV. EMBRAPA. Centro de Pesquisa
Agroflorestal da Amazônia Oriental (Belém, PA). V. Título. VI. Série.

CDD: 631.874

© EMBRAPA – 1996

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	6
MATERIAL E MÉTODOS.....	8
RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
CONCLUSÕES	16
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17

CONTEÚDOS DE N, P E K EM BIOMASSA DE ESPÉCIES DE *AZOLLA* CULTIVADAS EM VÁRZEA DO RIO GUAMÁ, EM BELÉM, PA

Raimundo Evandro Barbosa Mascarenhas¹
Waldemar de Almeida Ferreira²
Moisés de Souza Modesto Júnior³
Sonia Maria Botelho¹

RESUMO: Estudaram-se as espécies *Azolla caroliniana*, *Azolla microphylla*, *Azolla pinnata* var. *imbricata* e *Azolla pinnata* var. *pinnata* com o objetivo de determinar os conteúdos de N, P e K absorvidos, a melhor época de colheita e a espécie mais indicada, como adubação verde, para ser empregada em sistemas de produção de arroz irrigado, em várzea do rio Guamá. A cada três dias, efetuaram-se adubações foliares com superfosfato triplo na base de 5 kg de P₂O₅/ha em solução a 1 %. As colheitas de *Azolla* foram executadas em intervalos de sete dias, durante 42 dias. Os resultados indicaram que a melhor época de colheita foi aos 14 dias para as espécies *A. pinnata* var. *imbricata*, *A. pinnata* var. *pinnata* e *A. caroliniana*, e aos 28 dias, para a *A. microphylla*. A maioria das espécies apresentaram produções máximas cíclicas com intervalos de 14 dias, e a espécie mais promissora em produção de matéria seca, foi a *A. pinnata* var. *imbricata* com 584,95 kg/ha, seguida da *A. pinnata* var. *pinnata*, *A. caroliniana* e *A. microphylla* com 513,53 kg/ha, 454,85 kg/ha e 299,12 kg/ha, respectivamente. Considerando as exigências nutricionais do arroz, essas espécies poderiam substituir a adubação química em até 36,37% N, 18,27% P e 45,89% K; 39,94% N, 15,40% P e 52,14% K; 31,05% N, 13,64% P e 53,88% K; 29,64% N, 22,76% P e 81,52% K, respectivamente, das quantidades de N, P e K exigidas para uma produção de 3 t/ha de arroz.

Termos para indexação: adubação verde, arroz irrigado, estuário amazônico.

¹Eng.- Agr. M.Sc. EMBRAPA - CPATU. Caixa Postal 48. Belém, PA. CEP 66.017-970.

²Quim. Ind. M.sc. EMBRAPA - CPATU.

³Eng.- Agr. EMBRAPA - CPATU.

N,P, K CONTENTS IN AZOLLA GROWING IN VARZEA OF GUAMÁ RIVER, BELÉM, PA

ABSTRACT: In order to determine N,P,K absorbed contents, the best harvesting period and the most suitable species to be used as green manure for irrigated rice systems in Guamá river "varzeas", *Azolla caroliniana*, *Azolla microphylla*, *Azolla pinnata* var. *imbricata* and *Azolla pinnata* var. *pinnata* were tested. Foliar applications of triple superphosphate at the rate of 5 kg P₂O₅/ha in a solution of 1% were made every three days. *Azolla* was harvested at seven-day intervals during 42 days. The results indicated that the best harvest period was at 14 days for the species *A. pinnata* var. *imbricata*, *A. pinnata* var. *pinnata* and *A. caroliniana* and at 28 days for *A. microphylla*. Most of the species presented cyclic maximum yields with 14 days intervals. The most promising species considering dry matter was *A. pinnata* var. *imbricata* (584.95 kg/ha), followed by *A. pinnata* var. *pinnata*, *A. caroliniana* and *A. microphylla*, respectively with 513.53 kg/ha, 454.85 kg/ha and 299.12 kg/ha. Considering the results reported herein *Azolla* can be used to substitute part of the chemical N,P,K fertilizer needed by irrigated rice to yield 3 t/ha, in the following percentages: 36.37% N, 18.27% P, and 45.89% K; 39.94% N, 15.40% P, and 52.14% K; 31.05% N, 13.64% P, and 53.88% K; 29.64% N, 22.76% P, and 81.52% K

Index terms: green manure, irrigated rice, amazon estuary.

INTRODUÇÃO

A *Azolla* é uma pteridófito aquática, flutuante, de rápido crescimento, que ocorre em lagos, rios, tanques, campos arrozeiros e outros ecossistemas aquáticos. Está amplamente distribuída em regiões temperadas e tropicais, constituindo-se numa fonte alternativa de adubação nitrogenada para o arroz irrigado em terras baixas (Watanabe, 1978; Talley & Rains, 1980; Liva, 1985; Kolhe & Mittra, 1989). Desenvolve-se em simbiose com a alga cianofícia *Anabaena azollae* que é capaz de fixar o nitrogênio atmosférico alcançando taxas que variam de 450 a 864 kg N/ha/ano (Watanabe, 1978; Lumpkin & Plucknett, 1980; Kolhe & Mittra, 1990).

Para se obter um crescimento ótimo da *Azolla* dentre os nutrientes, a exigência fundamental é a aplicação de fósforo, que fornece Trifosfato de Adenosina (ATP) para o processo de fixação do nitrogênio (FAO, 1978; Sing, 1979; Talley & Rains, 1980; Fiore & Ruchel, 1982; Lumpkin & Plucknett, 1982; Ali & Watanabe, 1986) e em alguns casos, de potássio (FAO, 1978). Segundo Lumpkin & Plucknett (1982), concentrações da ordem de 0,3% K, podem estabelecer uma ligação entre o potássio e a fertilidade do solo. Entretanto, para as condições de várzea do rio Guamá, a fertilização deste nutriente não é usualmente necessária, em virtude da predominância de solos com teores de potássio relativamente altos (Falesi, 1972).

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 N₂ (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 IRRI (International Rice Research Institute) mostram que é melhor o fósforo ser ministrado em cinco aplicações de 2,5 kg de P₂O₅ /ha, com intervalo de dois dias (FAO, 1978), enquanto que Sing (1979) indica superfosfato na ordem de 4 a 8 kg de P₂O₅/ha/semana/colheita, onde 1 kg de P₂O₅ contribui para produção de uma quantidade de *Azolla* equivalente à cerca de 3 kg de N. Para Talley & Rains (1980), 2,3 a 4,5 kg P₂O₅/ha, como superfosfato, a cada cinco dias, mantém o crescimento ótimo da *Azolla*.

Resultados apresentados pela FAO (1978) mostram que a simbiose *Azolla-Anabaena* pode produzir uma tonelada de biomassa/ha/dia, contendo uma produção de 3 kg de N fixado, equivalente a 15 kg de sulfato de amônio ou 7 kg de uréia. Mesmo considerando-se que a principal utilização da *Azolla* é como adubo verde para o arroz, pode também ser empregada como composto para outras culturas e na alimentação para bovinos, suínos, peixes, aves e outros (Tran & Dao, 1973; FAO, 1978; Lumpkin & Plucknett, 1982; Abreu et al. 1985).

Pelas características da *Azolla* apresentadas, são grandes as possibilidades de sua aplicação para as várzeas do Estuário Amazônico, onde predominam solos de média a alta fertilidade

(Falesi, 1972), com uma área estimada, através de imagens de radar, em 3.000.000 ha (Mascarenhas, 1987). Além disso, estas várzeas apresentam um imenso potencial para exploração de cultivos com culturas de ciclo curto. O uso intensivo desses solos requer a utilização de adubos nitrogenados para a manutenção da produtividade, o que eleva os custos de produção. Diante disso, a *Azolla* é uma alternativa econômica e viável para a substituição parcial ou total desses adubos.

Este trabalho teve como objetivo, determinar os conteúdos de N, P e K absorvidos pelas três espécies de *Azolla*, a melhor época de colheita e a espécie mais indicada como adubação verde, para ser empregada em sistemas de produção de arroz irrigado nas várzeas do rio Guamá.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido no Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental - CPATU, da EMBRAPA, empregando-se três espécies de *Azolla*, sendo uma espécie constando de duas variedades(*Azolla pinnata* var. *imbricata*, *A. pinnata* var. *pinnata* , *A. caroliniana* Willd e *A. microphylla* kaufss), provenientes do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão - CNPAF.

A área geográfica onde se desenvolveu este estudo localiza-se na margem direita do rio Guamá, região fisiográfica do estuário do rio Amazonas, a 1°28'S e 48°27' W.Gr., no município de Belém, PA.

O clima da região, segundo Köppen, pertence ao tipo Af tropical chuvoso, sem estação seca, exibindo em todos os meses, temperatura acima de 18°C e precipitação pluviométrica superior a 60 mm. (Bastos, 1972). De acordo com os valores médios das principais variáveis, correspondentes ao período de 1967 a 1994, a temperatura máxima atingiu 31,8°C e a mínima 22,9°C e a umidade relativa do ar foi de 83,9%, que é sempre mais elevada na época de maior precipitação pluviométrica (dezembro a junho), com uma taxa anual de 2.977,3 mm (Boletim...1967-1973; Boletim...1974-1994).

O solo do local de várzea baixa, classificado como Glei Pouco Húmico (Falesi, 1972), foi sistematizado e dividido em parcelas

de 36m², onde utilizou-se o método de irrigação por inundação com uma lâmina d'água oscilando entre 5 e 10 cm. Os resultados das análises químicas e físicas realizadas no Laboratório de Solos do CPATU (média de quatro repetições) são apresentados na Tabela 1.

TABELA 1. Características químicas e físicas de amostras (TFSA)* do solo de várzea do rio Guamá-Belém, 1991.

Característica	Profundidade (cm)	
	0-20	20-40
C (g/kg)	14,20	4,60
Matéria orgânica (g/kg)	24,30	9,20
N (g/kg)	1,50	0,80
C/N	9,00	6,00
pH (H ₂ O)	4,40	4,60
Ca ⁺⁺ (mmol/kg)	13,80	16,10
Mg ⁺⁺ (mmol/kg)	116,30	148,40
Na ⁺⁺ (mmol/kg)	5,60	6,00
K ⁺ (mg/kg)	50,83	54,74
Valor S (mmolc/kg)	137,00	171,90
Al ⁺⁺⁺ (mmol/kg)	41,30	34,20
P (mg/kg)	4,13	2,53
Areia (g/kg)	0,00	0,00
Silte (g/kg)	660,0	600,00
Argila total (g/kg)	340,0	400,00
Argila natural (g/kg)	210,0	280,00
Grau de flocculação (%)	37,00	28,00

* TFSA - Terra fina seca ao ar.

Cada espécie foi inoculada em uma parcela de 36 m² (4,5 m x 8 m), em 20/03/1990, na taxa de 500 g/m² de material fresco.

Foram feitas adubações foliares com superfosfato triplo em solução a 1%, na base de 5 kg de P₂O₅/ha a cada três dias, desde a inoculação até a colheita final do experimento, conforme indicação de Matos (1983).

Para o controle da lagarta *Lep. Pyralidae*, adicionou-se à solução fosfatada, em intervalos de seis dias, o inseticida folícol (Paration metílico) a 0,1%.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, coletando-se três repetições de cada parcela, em intervalos de sete dias, durante 42 dias, obtendo um total de 18 amostras de cada espécie. A amostragem foi feita através de um cilindro de 0,20 m de raio (0,1256 m²), lançado ao acaso na parcela. O material que ficou contido dentro do cilindro foi colhido e levado para uma tela de nylon suspensa, ficando em repouso por 30 minutos para escoar o excesso de água, a fim de se obter o peso da matéria fresca, segundo Matos (1983).

Para as determinações de laboratório, após a obtenção do peso da matéria fresca de cada espécie, o material coletado foi misturado formando seis amostras compostas, o que eliminou as repetições de campo. Essas amostras compostas foram colocadas para secar, em estufa a 70°C, com circulação de ar forçada, a fim de se obter o peso de matéria seca e, em seguida, foram moídas para análise dos nutrientes.

O nitrogênio foi determinado no extrato obtido pela oxidação da amostra da matéria seca com ácido sulfúrico, na presença da mistura digestora composta de sulfato cúprico, sulfato de sódio e selenito de sódio em pó (Sarruge & Haag, 1974).

O fósforo e o potássio foram determinados no extrato nítrico-perclórico. O fósforo foi dosado pelo método vanadato-molibdato e o potássio por fotometria de chama (Sarruge & Haag, 1974).

Considerou-se como parâmetros de avaliação, o rendimento de matéria seca por hectare e os teores de nitrogênio, fósforo e potássio nas três espécies de *Azolla*. Com base nesses parâmetros, foram calculadas, de acordo com Malavolta (1984), as equivalências em adubos químicos para produção de arroz, com a finalidade de estimar a contribuição em nutrientes de cada espécie.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados apresentados na Tabela 2 mostram os teores de N, P e K, com base no peso da matéria seca das espécies de *Azolla* estudadas. As variações obtidas entre as espécies foram de 18,9 a 33,4 g/kg de N; 2,0 a 8,6 g/kg de P e 8,7 a 21,5 g/kg de K, estando de acordo com Okazaki, citado por Lumpkin & Plucknett (1982).

TABELA 2. Teores de N, P e K com base no peso (100%) da matéria seca das espécies de *Azolla*, colhidas em intervalos de sete dias após a inoculação, até 42 dias, em várzea do rio Guamá - Estuário Amazônico, Belém, 1990.

Espécies	Nutriente	Intervalos de colheita (dias)					
		7	14	21	28	35	42
		------(g/kg)-----					
<i>Azolla pinnata</i> var. imbricata	N	26,0	28,6	28,2	28,6	25,0	25,8
	P	3,3	2,5	3,3	8,6	5,2	3,3
	K	11,7	10,2	8,7	10,9	11,1	11,7
<i>Azolla pinnata</i> var. pinnata	N	23,5	31,3	27,4	19,4	26,2	18,9
	P	3,1	2,4	2,8	2,6	2,5	2,0
	K	15,8	13,2	11,3	14,3	12,4	8,7
<i>Azolla caroliniana</i>	N	28,3	31,4	33,4	-	-	-
	P	2,4	2,4	3,1	-	-	-
	K	18,1	15,4	11,3	-	-	-
<i>Azolla microphylla</i>	N	24,8	32,9	30,1	24,7	26,0	24,3
	P	3,0	2,7	3,3	3,3	2,7	2,4
	K	16,2	17,3	18,5	19,2	10,5	21,5

No entanto, quando se considera cada espécie isoladamente, observa-se que as variações nos teores de nitrogênio para as espécies *A. pinnata* var. imbricata, *A. pinnata* var. pinnata, *A. caroliniana* e *A. microphylla*, foram de respectivamente, 25,0 a 28,6; 18,9 a 31,3; 28,3 a 33,4 e 24,3 a 32,9 g/kg. Estes resultados mostraram que a maioria das espécies, apresentaram os maiores teores de nitrogênio, acumulados no 14^o dia de cultivo e somente a *A. caroliniana* no 21^o dia.

Na Tabela 3, são apresentados o peso da matéria fresca e o peso da matéria seca em g/m², a relação percentual entre peso das matérias seca e fresca e o rendimento de matéria seca em kg/ha das espécies de *Azolla* estudadas.

TABELA 3. Peso da matéria fresca (MF), peso da matéria seca (MS), relação percentual entre MS e MF e rendimento de matéria seca das espécies de *Azolla*, colhidas em intervalos de sete dias após a inoculação, até 42 dias, em várzea do rio Guamá - Estuário Amazônico, Belém, 1990.

Intervalos de colheita (dias)	Espécies	Matéria		Relação (MS/MF) (%)	Matéria seca (kg/ha)
		fresca	seca		
		----- (g/m ²) -----			
7	<i>A. pinnata</i> var. imbricata	1141,16	34,291	3,00	342,91
	<i>A. pinnata</i> var. pinnata	981,93	28,161	2,87	281,61
	<i>A. caroliniana</i>	743,07	21,314	2,87	213,14
	<i>A. microphylla</i>	809,39	22,826	2,82	228,26
14	<i>A. pinnata</i> var. imbricata	1486,15	58,495	3,93	584,95
	<i>A. pinnata</i> var. pinnata	1433,12	51,353	3,58	513,53
	<i>A. caroliniana</i>	1300,40	45,485	3,50	454,85
	<i>A. microphylla</i>	716,56	29,912	4,17	299,12
21	<i>A. pinnata</i> var. imbricata	1300,40	58,121	4,47	581,21
	<i>A. pinnata</i> var. pinnata	889,01	32,109	3,61	321,09
	<i>A. caroliniana</i>	663,45	23,509	3,55	235,09
	<i>A. microphylla</i>	1035,03	36,624	3,54	366,24
28	<i>A. pinnata</i> var. imbricata	1247,29	56,926	4,56	569,26
	<i>A. pinnata</i> var. pinnata	1512,74	55,390	3,66	553,90
	<i>A. caroliniana</i>	-	-	-	-
	<i>A. microphylla</i>	1220,78	55,199	4,52	551,99
35	<i>A. pinnata</i> var. imbricata	1571,10	53,081	3,38	530,81
	<i>A. pinnata</i> var. pinnata	1632,16	50,421	3,09	504,21
	<i>A. caroliniana</i>	-	-	-	-
	<i>A. microphylla</i>	1035,03	31,744	3,07	317,44
42	<i>A. pinnata</i> var. imbricata	955,41	36,703	3,84	367,03
	<i>A. pinnata</i> var. pinnata	1260,59	66,505	5,27	665,05
	<i>A. caroliniana</i>	-	-	-	-
	<i>A. microphylla</i>	902,31	34,132	3,78	341,32

A relação matéria seca/matéria fresca variou de 2,82 a 5,27 %, tendendo a ficar um pouco abaixo do intervalo de 4,8 a 7,7%, encontrados por Peters & Calvert (1982), citados por Lumpkin & Plucknett (1982). Provavelmente, estas variações ocorrem devido à falta de um modelo preestabelecido para métodos de remoção da água aderida à superfície das plantas (Liva, 1985), acarretando falhas na determinação correta da relação peso da matéria seca/peso da matéria fresca da Azolla.

As espécies *A. pinnata* var. *imbricata*, *A. pinnata* var. *pinnata* e *A. caroliniana* apresentaram crescimento rápido de produtividade, atingindo o máximo aos 14 dias e decréscimos logo em seguida. A *A. pinnata* var. *imbricata*, após atingir maior produtividade (584,95 kg MS/ha) aos 14 dias, decresceu lentamente para 581,21 kg MS/ha, 569,21 kg MS/ha e 530,81 kg MS/ha aos 21, 28 e 35 dias, respectivamente. Em seguida, aos 42 dias de cultivo (Tabela 3), decresceu bruscamente para 367,03 kg MS/ha.

A espécie *A. caroliniana* após atingir a produtividade de 454,85 kg MS/ha aos 14 dias, decresceu bruscamente para 235,90 kg MS/ha aos 21 dias. Grande parte deste decréscimo foi atribuído ao ataque de lagartas da família Pyralidae em todo o experimento, apesar do controle com Folidol, porém, somente esta espécie não resistiu, o que inviabilizou a observação das variáveis nos dias subsequentes, caracterizando-a como sensível e limitando seu cultivo na várzea do rio Guamá.

A *A. microphylla* apresentou rendimento de matéria seca crescente até aos 28 dias, atingindo 551,99 kg/ha, o qual decresceu abruptamente para 317,44 kg/ha, até aos 35 dias tendo um pequeno, aumento de 341,32 kg/ha aos 42 dias (Tabela 3).

O decréscimo na produção de biomassa de Azolla ocorreu após as espécies terem alcançado o pico máximo de crescimento, ou seja, quando o incremento diário de biomassa não tinha como expandir, tendo como fator limitante a área disponível. Então, o crescimento cessou e as plantas começaram a morrer, devido à formação de um "tapete" espesso que dificultou o recebimento de luz solar pelas plantas situadas nas camadas mais abaixo e a penetração das raízes das plantas localiza

das na superfície do tapete, diminuindo a absorção de água e nutrientes. Resultados semelhantes foram encontrados por Van Hove & Lopez (1983), citado por Liva (1985).

A retomada de crescimento das espécies de *Azolla*, principalmente da *A. pinnata* var. *pinnata* ocorrida aos 28 e 42 dias (Tabela 3), provavelmente foi estimulada através das subseqüentes fertilizações fosfatadas até a colheita final.

No décimo quarto dia de cultivo, a maioria das espécies de *Azolla* estudadas, apresentou o primeiro pico máximo em rendimento de matéria seca por hectare, sendo que, a ordem decrescente em produtividade foi *A. pinnata* var. *imbricata*, *A. pinnata* var. *pinnata*, *A. caroliniana*, *A. microphylla*. No entanto, quando se considera até os 28 dias de cultivo, como a época em que a espécie *A. microphylla* apresentou seu pico máximo de produtividade, essa ordem decrescente se altera para *A. pinnata* var. *imbricata*, *A. pinnata* var. *pinnata*, *A. microphylla* (Tabela 3).

Os resultados apresentados na Tabela 4, para cada espécie estudada, refletem o conteúdo de nitrogênio, fósforo e potássio absorvidos, e indicam que as melhores épocas de colheita são o 14º dia para as espécies *A. pinnata* var. *imbricata*, *A. pinnata* var. *pinnata* e *A. caroliniana* e o 28º dia para a *A. microphylla*. A espécie *A. pinnata* var. *pinnata* obteve rendimentos de 553,90 kg/ha em matéria seca no 28º dia, kg/ha e de 665,05 kg/ha no 42º dia, superiores ao do 14º dia, que foi de 513,53 kg/ha (Tabela 3). Porém, o balanço entre o aumento de rendimento e o custo de produção, provavelmente inviabilizaria as colheitas nessas épocas.

A Tabela 4 também mostra a quantidade equivalente em adubo químico (uréia, sulfato de amônio, superfosfato triplo e cloreto de potássio), com base no rendimento de matéria seca das espécies de *Azolla* estudadas. Assim, em 14 dias, a inoculação de 5 t/ha de *A. pinnata* var. *imbricata* produz 14,9 t/ha de peso de matéria fresca ou 584,95 kg/ha de peso de matéria seca correspondentes a 37,17 kg/ha de uréia ou 83,63 kg/ha de sulfato de amônio; 7,44 kg/ha de superfosfato triplo e 11,98 kg/ha de cloreto de potássio.

Como a *Azolla* apresenta relação C/N em torno de dez, decompõe-se com facilidade em aproximadamente duas semanas. Isto

permite afirmar, que as quantidades de adubos (Tabela 4) estarão disponíveis para as culturas em tempo relativamente curto. Estima-se que após a incorporação da *Azolla*, 40% do nitrogênio torna-se disponível em duas semanas, e 75% em quatro. Assim, para o arroz irrigado, a variedade a ser cultivada é importante para que a mesma possa beneficiar-se o máximo possível do N disponível (FAO, 1978).

TABELA 4. Conteúdos de N, P e K absorvidos e equivalência em uréia, sulfato de amônio, superfosfato triplo e cloreto de potássio, com base no rendimento de matéria seca das espécies de *Azolla*, colhidas em intervalos de sete dias após a inoculação, até 42 dias, em várzea do rio Guamá - Estuário Amazônico, Belém, 1990.

Intervalos de colheita (dias)	Espécies	N	P	K	Uréia	Sulfato de Amônio	Super-fosfato Triplo	Cloreto de Potássio
						(kg/ha)		
7	<i>A. pinnata</i> var. imbricata	8,916	1,132	4,012	19,81	44,56	5,76	8,05
	<i>A. pinnata</i> var. pinnata	6,618	0,873	4,449	14,71	33,09	4,44	8,93
	<i>A. caroliniana</i>	6,032	0,511	3,858	13,40	30,16	2,60	7,74
	<i>A. microphylla</i>	5,661	0,685	3,698	12,57	28,30	3,48	7,42
14	<i>A. pinnata</i> var. imbricata	16,729	1,462	5,966	37,17	83,63	7,44	11,98
	<i>A. pinnata</i> var. pinnata	16,073	1,232	6,778	35,72	80,36	6,27	13,61
	<i>A. caroliniana</i>	14,282	1,091	7,005	31,74	71,41	5,56	14,06
	<i>A. microphylla</i>	9,841	0,807	5,175	21,87	49,20	4,11	10,39
21	<i>A. pinnata</i> var. imbricata	16,390	1,918	5,056	36,42	81,95	9,76	10,15
	<i>A. pinnata</i> var. pinnata	8,798	0,899	3,628	19,55	43,98	4,58	7,28
	<i>A. caroliniana</i>	7,852	0,729	2,656	17,45	39,26	3,71	5,33
	<i>A. microphylla</i>	11,024	1,208	6,775	24,49	55,11	6,15	13,60
28	<i>A. pinnata</i> var. imbricata	16,281	4,895	6,205	36,18	81,40	24,91	12,46
	<i>A. pinnata</i> var. pinnata	10,745	1,440	7,921	23,88	53,72	7,33	15,90
	<i>A. caroliniana</i>	-	-	-	-	-	-	-
	<i>A. microphylla</i>	13,634	1,821	10,598	30,30	68,17	9,27	21,28
35	<i>A. pinnata</i> var. imbricata	13,270	2,760	5,892	29,49	66,35	14,05	11,83
	<i>A. pinnata</i> var. pinnata	13,210	1,260	6,252	29,35	66,05	6,41	12,55
	<i>A. caroliniana</i>	-	-	-	-	-	-	-
	<i>A. microphylla</i>	8,253	0,857	3,333	18,34	41,26	4,36	6,69
42	<i>A. pinnata</i> var. imbricata	9,469	1,211	4,294	21,04	47,34	6,16	8,62
	<i>A. pinnata</i> var. pinnata	12,569	1,330	5,786	27,93	62,84	6,77	11,62
	<i>A. caroliniana</i>	-	-	-	-	-	-	-
	<i>A. microphylla</i>	8,294	0,819	7,338	18,43	41,47	4,17	14,73

De acordo com Malavolta (1984), para a produção de 3 t/ha de grãos, 1 t/ha de casca e 4 t/ha de palha de arroz, são necessários 84 kg de N/ha, 14 kg de P/ha e 89 kg de K/ha. O mesmo autor considera, que apenas para a produção de 3 t/ha de grãos, a planta exige 46 kg de N/ha, 8 kg de P/ha e 13 kg de K/ha.

Estimativas feitas com base nos dados da Tabela 4 indicam que, aos 14 dias, as espécies *A. pinnata* var. *imbricata*, *A. pinnata* var. *pinnata* e *A. caroliniana* podem contribuir para incorporação ao solo, com 36,37% de N, 18,27% de P e 45,89% de K; 34,94% de N, 15,4% de P e 52,14% de K; e 31,05% de N, 13,64% de P e 53,88% de K, respectivamente, para se obter uma produção de 3 t/ha de grãos de arroz. Entretanto, para a produção conjunta de 8 t/ha de grãos, casca e palha de arroz, a incorporação de nutriente por espécie e na mesma ordem, seria de 19,91% de N, 10,44% P e 6,7% de K; 19,13% N, 8,8% de P e 7,61% de K; e 17% de N, 7,79% de P e 7,87% de K. Já a espécie *A. microphylla*, que apresentou o pico máximo de produção aos 28 dias, o fornecimento de nutriente para os dois sistemas seria, respectivamente, 29,64 ou 16,23% de N, 22,76 ou 13,01% de P e 81,52 ou 11,91% de K.

CONCLUSÕES

A análise dos dados obtidos permite concluir que:

1) A melhor época de colheita para posterior incorporação ao solo foi aos 14 dias para as espécies *A. pinnata* var. *imbricata*, *A. pinnata* var. *pinnata* e *A. caroliniana* e, aos 28 dias, para a *A. microphylla*.

2) Nas condições de várzea do rio Guamá, há evidências de que a espécie *pinnata* seja a mais recomendada, por ter apresentado maior produção de matéria seca.

3) Na melhor época de colheita, para incorporação ao solo, a *Azolla* pode complementar a adubação química na ordem de 34,25% de N, 18,27% de P e 58,36% de K, exigida para uma produção de 3 t/ha de grãos de arroz.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, C.A.; PURCINO, J.R.C.; PURCINO, A.A.C. *Azolla*: fonte alternativa de nitrogênio para arroz irrigado cultivado em várzeas inundáveis. Belo Horizonte : EPAMIG, 1985. 20p.(EPAMIG. Boletim técnico,20).
- ALI, S.; WATANABE, I. Response of *Azolla* to P.K. and Zn in different wetland rice soils in relation to chemistry of floodwater. *Soil Science and Plant Nutrition*, v.32, n.2, p.239-253, 1986.
- BASTOS, T.X. O estado atual dos conhecimentos das condições climáticas da Amazônia brasileira. In: INSTITUTO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO NORTE (Belém, PA). *Zoneamento agrícola da Amazônia (1ª aproximação)*. Belém, 1972. p.68-122, (IPEAN. Boletim Técnico, 54).
- BOLETIM AGROMETEOROLÓGICO. Belém: IPEAN, 1967-1973.
- BOLETIM AGROMETEOROLÓGICO. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1974-1994.
- FALESI, I.C. O estado atual dos conhecimentos sobre os solos da Amazônia brasileira. IN: INSTITUTO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO NORTE (Belém, PA). *Zoneamento agrícola da Amazônia (1ª aproximação)*. Belém, 1972. p.17-67, (IPEAN. Boletim Técnico, 54).
- FAO (Roma, Itália) China: *Azolla* propagation and small-scale biogas technology. Roma, 1978. 81p. (FAO. Soil Bulletin, 41).
- FIGLIARETTI, M.F.; RUSCHEL, A.P. A associação *Azolla*-*Anabaena* : biologia e significância na agricultura. *Ciência e Cultura*, v.34, n.6, p.792-798, 1982.
- KOLHE, S.S.; MITTRA, B.N. *Azolla* as an organic source of nitrogen in a rice-wheat cropping system. *Tropical Agriculture*, Trinidad, v.67, n.3, p.267-269, 1990.

- LIVA, M.L. Efeito de fatores ambientais no desenvolvimento da Azolla e recuperação pelo arroz (*Oryza sativa* L.), do N (15 N) - Azolla incorporada ao solo. Piracicaba: ESALQ, 1985. Tese Mestrado.
- 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.
- 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).
- MALAVOLTA, E. Potássio, magnésio e enxofre nos solos e culturas brasileiras 4. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1984. 91p. (POTAFOS. Boletim Técnico, 4).
- MASCARENHAS, R.E.B. Manejo de água em arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado em várzea do rio Guamá, estuário amazônico, Belém-Pará. Piracicaba: ESALQ, 1987. Tese Mestrado.
- 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).
- SARRUGE, L.A.; HAAG. H.P. Análises químicas em plantas. Piracicaba: ESALQ, 1974. 56 p.
- SING, P.K. Use of Azolla in India [s.l.] 1979. 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.l., s. ed.] 1973. p.119-127.(Vietnamese Studies, 38. Agriculture Problems, Agronomy Data 4).
- WATANABE, A.L. *Azolla* and its use in Lowland rice culture. **Soil and Microbe**, v.20, p.1-10, 1978.

QUALIDADE TOTAL
É ABRIR NOVOS HORIZONTES
EM BUSCA DA PERFEIÇÃO



Arte e impressão: Embrapa - SPI