

---

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS**

**CULTURA DO ARROZ**

**Antônio Alves Soares**

**Editora UFLA  
SETEMBRO/2004**

---

---

OS TEXTOS ACADÊMICOS VISAM A PUBLICAR TRABALHOS ELABORADOS PELOS DOCENTES PARA USO EM SALA DE AULA. OS TEXTOS, DE RESPONSABILIDADE DOS AUTORES E RESPECTIVOS DEPARTAMENTOS, PODERÃO SER APERFEIÇOADOS PARA, EM FUTURAS EDIÇÕES, SEREM PUBLICADOS SOB A FORMA DE LIVRO.

NENHUMA PARTE DESTA PUBLICAÇÃO PODE SER REPRODUZIDA, POR QUALQUER MEIO OU FORMA, SEM A AUTORIZAÇÃO ESCRITA E PRÉVIA DA



**Editora UFLA**

Campus Histórico, Caixa Postal 37  
37.200-000 – Lavras – MG  
Tel./Fax: (035) 829 1115  
e-mail: [editora@ufla.br](mailto:editora@ufla.br)  
Homepage: [www.editora.ufla.br](http://www.editora.ufla.br)

**DIRETORIA EXECUTIVA:** MARCO ANTÔNIO REZENDE ALVARENGA (DIRETOR), ANTÔNIO TEIXEIRA SOARES, NILTON NAGIB JORGE CHALFUN.

**CONSELHO EDITORIAL:** MARCO ANTÔNIO REZENDE ALVARENGA (PRESIDENTE), ANTÔNIO SOARES TEIXEIRA, HELOISA ROSA CARVALHO TAKAKI, JOSÉ DONIZETI ALVES, MARIA LAENE MOREIRA DE CARVALHO, MOZAR JOSÉ BRITO E NILTON NAGIB JORGE CHALFUN.

**Comissão Editorial Responsável pela Análise e Avaliação dos Textos Acadêmicos produzidos pelo Departamento de Agricultura** Samuel Pereira de Carvalho (Presidente), Maria Laene M. de Carvalho e Antônio Alves Soares (membros)

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS**

**REITOR:** ANTÔNIO NAZARENO G. MENDES

**VICE-REITOR:** RICARDO PEREIRA REIS

Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central/UFLA

Soares, Antônio Alves

Cultura do arroz/ Antônio Alves Soares. 2. ed. rev. -- Lavras : UFLA, 2004.

130 p. : il.

Bibliografia.

1. Arroz - Cultura. 2. Prática cultural. 3. Melhoramento. 4. Nutrição mineral I.  
Universidade Federal de Lavras. II. Título

CDD-633.18

---

---

## ÍNDICE

	Pag.
1. Origem, história e importância econômica e social.....	05
2. Produtos e subprodutos do arroz .....	07
3. Estatísticas mundiais, brasileiras e de minas gerais .....	08
4. Classificação botânica e morfológica da planta.....	13
5. Morfologia da planta.....	14
6. Fases de crescimento e desenvolvimento do arroz.....	23
7. Componentes da produção de grãos.....	27
8. Clima .....	28
9. Solo .....	30
10. Preparo do solo .....	31
11. Nutrição mineral do arroz.....	33
12. Calagem.....	42
13. Adubação do arroz.....	46
14. Cultivares recomendadas para minas gerais.....	54
15. Plantio.....	59
16. Plantio direto.....	62
17. Irrigação.....	74
18. Controle de plantas daninhas.....	76
19. Pragas e seu controle.....	85
20. Doenças e seu controle.....	89
21. Colheita, secagem e armazenamento.....	93
22. Beneficiamento .....	97
23. Qualidade de grãos .....	99
24. Classificação do arroz.....	101

---

---

25. Sistema barreirão.....	109
26. Melhoramento genético do arroz .....	115
27. Literatura consultada.....	125

---

# CULTURA DO ARROZ

ANTÔNIO ALVES SOARES<sup>1</sup>

## 1 ORIGEM, HISTÓRIA E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E SOCIAL

A domesticação do arroz ocorreu há tanto tempo que atualmente é impossível determinar, sem controvérsias, seu centro de origem.

Na maioria da literatura, admite-se que há dois centros de origem: o Sudoeste Asiático (o principal) e o Africano (Secundário). Todavia, hoje, especula-se que o habitat original do arroz foi o antigo supercontinente de "Gondwana". Quando "Gondwana" se quebrou, tornando-se em África, Antártida, Austrália, Malagasy, América do Sul e Sudeste da Ásia, espécies de *Oryza sativa* foram levadas a habitats geográficos distintos.

Existem 23 espécies de *Oryza* distribuídas em todo o mundo, mas apenas duas são cultivadas: *Oryza sativa* L. (cariópse claro) e *Oryza glaberrima* Steud (Cariópse roxo). A *O. glaberrima* está sendo gradualmente substituída pela *O. sativa*, principalmente por esta última possuir grãos de melhor qualidade e maior capacidade de adaptação.

O arroz é cultivado na Ásia há, aproximadamente, 10.000 anos. Atualmente, admite-se que o arroz propagou-se da Índia até a China e daí, por intermédio da Coréia, foi introduzido no Japão. Da Índia, o arroz penetrou também na Indonésia e no Sri Lanka (antigo Ceilão). Mais tarde, chegou à Ásia Ocidental e à Costa do Mediterrâneo. Os árabes, no século IV d.C., introduziram o arroz no Egito, no Norte da África e no século VIII, na Península Ibérica, onde surgiu a designação arroz, derivada diretamente da palavra roz (alroz).

Os espanhóis introduziram o arroz na América Central e os portugueses no Brasil e na África Ocidental.

No Brasil, as primeiras informações datam de 1560 na Capitania de São Vicente. Outros autores afirmam que as primeiras introduções no Brasil com a finalidade de cultivo se deram por volta de 1745 no Maranhão. Nessa ocasião, foi introduzido o arroz denominado arroz vermelho ou da terra, provavelmente da Ilha dos Açores. O cultivo desse tipo de arroz ocorreu até 1776, quando passou a ser gradativamente substituído pelo arroz branco proveniente do estado da Carolina-USA.

É a única espécie cultivada explorada em áreas pantanosas, ocupando grandes áreas que não se destinariam à agricultura. Hoje, 11% da terra arável do mundo é cultivada com arroz.

O arroz desempenha um papel fundamental na economia de vários países, como a Tailândia, Burma, Vietnã, Egito, China, Índia e Indonésia.

No âmbito mundial, os países maiores produtores são: China, Índia, Indonésia, Bangladesh, Burma, Tailândia, Japão, Vietnã e Brasil.

Mais de 40% da população mundial depende do arroz como seu alimento básico. Na Ásia, encontram-se 58% dessa população, onde se produz e consome-se mais de 90% do total mundial.

A produção mundial do arroz, nos últimos três anos, oscilou em torno de 587 milhões de toneladas, sendo, portanto, semelhante à do trigo, que foi de 586 milhões e superada apenas pelo milho que produziu, em média, 602 milhões de toneladas no mesmo período.

---

1. Professor Adjunto, Doutor em Agronomia, Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, e-mail: [aasoares@ufla.br](mailto:aasoares@ufla.br), Caixa Postal 37, 37200-000 - Lavras - MG.

---

O preço internacional do arroz tem oscilado de 1,1 a 2,2 vezes o do trigo. Portanto, em termos de valor da produção, o arroz é o cereal mais importante do mundo.

O destino do arroz ao consumo humano é de 85%, contra 65% do trigo e 18% do milho. O consumo per capita do arroz é de 90 kg na Ásia, 30 kg na América Latina e 70 kg no Brasil. Portanto, não há nenhum exagero em afirmar que o arroz é o alimento mais importante do mundo.

É cultivado em todo o território nacional, concentrando-se nas regiões centro-oeste, sudeste e sul. A produção média nacional está em torno de 10 milhões de toneladas (área de aproximadamente 3,5 milhões de hectares) para um consumo da ordem de 11,7 milhões de toneladas. Logo, o país tem importado, em média, 1,7 milhões toneladas para suprir suas necessidades. O arroz destaca-se como o terceiro produto em área colhida, superada pela do milho e soja, e o quinto em tonelagem.

**Valor nutritivo:** o arroz faz parte, juntamente com o feijão, da dieta básica da população brasileira. É responsável por 24,2% do total de calorias e 17,9% das proteínas consumidas no país. Considerando que atualmente o homem alimenta-se de 200 espécies vegetais e que o arroz sozinho fornece 20% das calorias e 13% das proteínas consumidas no mundo, pode-se reafirmar que ele é o alimento mais importante do globo, principalmente considerando-se o número de pessoas que dele faz uso.

O arroz é alimento principalmente energético, de baixo teor de proteínas e sais minerais e alto teor de hidrato de carbono. As deficiências mais sérias de uma dieta baseada principalmente neste cereal são de vitaminas do complexo B, vitamina A e cálcio. O aminoácido mais deficiente na proteína do arroz é a lisina. Contudo, a natureza química das proteínas do arroz (combinação favorável de aminoácidos) faz com que o mesmo tenha eficiência protéica próxima a da soja. Em termos de eficiência relativa de proteínas, o arroz possui coeficiente 2,0 contra 1,2 do trigo e 1,0 do milho. Assim, o arroz é o cereal que possui as proteínas de maior valor biológico. A composição química do grão de arroz é mostrada na Tabela 1. Entretanto, ela pode variar com a cultivar, condições de solo, clima, processos de beneficiamento, entre outros fatores.

TABELA 1 - Composição química do grão de arroz (em 100 g) e perdas com o beneficiamento.

Componentes	Integral		Polido		Parboilizado		Perdas (%) c/ o	
	Cru	Cozido	Cru	Cozido	Cru	Cozido	beneficiamento <sup>1</sup>	
							Cru	Cozido
Água (%)	12,0	70,3	12,0	72,6	10,3	73,4	0,0	+3,3
Proteína (%)	7,5	2,5	6,7	2,0	7,4	2,1	10,7	20,0
Gordura (%)	1,9	0,6	0,4	0,1	0,3	0,1	78,9	83,3
Carboidrato (g)	77,4	25,5	80,4	24,2	81,3	23,3	+3,9	5,1
Fibra (g)	0,9	0,3	0,3	0,1	0,2	0,1	66,7	66,7
Cinza (%)	1,2	1,1	0,5	1,1	0,7	1,1	58,3	0,0
Cálcio (mg)	32	12	24	10	60	19	25,0	16,7
Fósforo (mg)	221	73	94	28	200	57	57,5	61,6
Potássio (mg)	214	70	92	28	150	43	57,0	60,0
Tiamina (mg)	0,34	0,09	0,07	0,02	0,44	0,11	79,4	77,8
Riboflavina(mg)	0,05	0,02	0,03	0,01	---	---	40,0	50,0
Niacina (mg)	4,7	1,4	1,6	0,4	3,5	1,2	66,0	71,4

<sup>1</sup> Polido em relação ao Integral; o sinal + indica aumento e não perda com o beneficiamento.

Fonte: Rice...(s.d.), adaptado de Vieira et al. (1999)

## 2 PRODUTOS E SUBPRODUTOS DO ARROZ

Quando se menciona a palavra arroz, as pessoas logo imaginam se tratar do grão descascado e polido, ou seja, o arroz branco, encontrado em todas as mercearias e supermercados, o qual é o principal alimento dos brasileiros e consumido por dois terços da população mundial. Entretanto, do arroz podem ser obtidos vários produtos e subprodutos, dentre os quais se mencionarão alguns:

- **Palha**

A quantidade de palha produzida por uma lavoura é semelhante à sua produção de grãos ou, às vezes, superior. Entre seus usos, pode-se citar a matéria prima para fabricação de papel e para artesanato como chapéus, bolsas, etc. É utilizada como feno para alimentação animal e como cama de aviário. Entretanto, o mais comum, é deixar a palha espalhada no campo, a qual vai ser incorporada ao solo e ser usada como matéria orgânica.

- **Casca**

A casca representa o maior volume entre os subprodutos derivados do grão do arroz no beneficiamento, atingindo em média 20 a 22%. Contém cerca de 50% de celulose, 20% de pentosana e é rica em minerais (18%), constituídos principalmente de sílica (94,5%). É um subproduto volumoso de baixa densidade (76 kg/m<sup>3</sup>), onerando os custos de transporte. O uso mais comum da casca é como combustível, constituindo-se numa boa fonte energética, proporcionando temperaturas de até 1000°C. Constitui matéria-prima para fabricação de papel e é utilizada como isolante refratário e para camas de aviário. A pentosana pode ser hidrolizada para furfural, com rendimento de até 8,5 kg/100 kg de casca. É um produto químico que entra na composição de desinfetantes, inseticidas, herbicidas, servindo também para fabricação de nylon, resinas e borracha sintética.

- **Farelo**

O beneficiamento do arroz produz em torno de 8% de farelo, o qual normalmente é destinado à ração animal; é um produto rico em amido, proteína, gordura e sais minerais. Uma vez processado, o farelo poderá produzir até 15% de óleo cru comestível, além de outros produtos para a indústria cosmética e farmacêutica. Na composição de ração, o farelo de arroz pode participar com até 30% da ração de gado de corte e leite, 20% para suínos e 15% para aves.

- **Óleo**

Várias indústrias brasileiras estão produzindo óleo de arroz, o qual é utilizado em diferentes tipos de pratos; sua recomendação baseia-se na menor porcentagem de ácidos saturados, ou seja, somente 20% de sua composição. No processo de refinamento do óleo, são produzidos o óleo refinado (60%) e outros subprodutos, principalmente a “borra”, que é usada na fabricação de sabão.

- **Amido**

O amido do arroz é um produto branco, inodoro, insípido e facilmente reduzido a pó finíssimo, impalpável e macio ao tato. É muito usado em lavanderia, na fabricação de adesivos e na indústria de cosméticos.

- **Saquê**

Várias bebidas alcoólicas são fabricadas, tendo como matéria-prima o arroz, especialmente nos países asiáticos, sendo o saquê, bebida japonesa, a mais conhecida. Na elaboração dessa bebida, utiliza-se arroz com baixo teor de amilose, o qual deve sofrer ainda um polimento maior, retirando até 30% do peso do grão descascado, ao invés dos 5% normalmente retirados do arroz branco. Isto facilita a penetração dos micélios do fungo *Aspergillus oryzae*, usado na fermentação. O processo de fermentação dura quase um mês, sendo o líquido resultante filtrado, decantado e diluído em água (80%) até atingir o

ponto desejado, que é a bebida com 16% de teor alcoólico.

- **Cerveja**

No processo de beneficiamento do arroz, há uma produção expressiva de grãos quebrados pequenos (em torno de 5%), denominados de quirera, os quais constituem matéria-prima mais barata para ser misturada aos cereais maltosos, principais fontes de amido na fabricação de cerveja. Em relação ao milho, o arroz apresenta a vantagem de possuir mais carboidrato e originar um produto mais suave e de coloração mais clara, sendo, portanto, bastante procurado pelas indústrias de cerveja. Alguns países, como os Estados Unidos, desenvolvem cultivares específicas para produção de cerveja.

- **Outros alimentos**

São centenas os produtos alimentícios que podem ser elaborados à base de arroz. Na alimentação humana, sob a forma de farinha, pode participar com até 30% na fabricação de pães. É utilizado no preparo de alimentos instantâneos, pratos congelados, fabricação de cremes e alimentos infantis. Graças ao seu teor de amilose, que dá consistência a diversos produtos infantis, facilita a retirada do alimento dos recipientes e servi-los aos bebês em colherinhas, sem desperdiçá-los (“aviãozinho”).

### 3 ESTATÍSTICAS MUNDIAIS, BRASILEIRAS E DE MINAS GERAIS

As estatísticas mundiais, brasileiras e mineiras de área, produção e produtividade de arroz são apresentadas nas Tabelas 2 a 13. Um comparativo de áreas, produções e produtividades mundiais de arroz com as culturas do trigo e do milho são também mostradas nas Tabelas 2, 3 e 4, respectivamente.

TABELA 2 - Área mundial cultivada com arroz, trigo e milho (1000 ha).

<b>CULTURA</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>MÉDIA</b>
ARROZ	153.365	154.123	151.679	147.552	153.522	152.048
TRIGO	213.372	215.519	214.690	213.716	208.765	213.212
MILHO	138.852	138.232	139.033	138.271	142.685	139.415

Fonte: Fao Production Yearbook (2004)

TABELA 3 - Produção mundial de arroz, trigo e milho (1.000 t).

<b>CULTURA</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>MÉDIA</b>
ARROZ	611.341	599.051	598.174	569.527	589.126	593.444
TRIGO	587.809	585.966	590.520	573.513	556.349	578.831
MILHO	607.499	592.744	615.098	604.162	638.043	611.509

Fonte: Fao Production Yearbook (2004)



TABELA 4 - Produtividade mundial de arroz, trigo e milho (kg/ha).

<b>CULTURA</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>MÉDIA</b>
ARROZ	3.986	3.887	3.944	3.860	3.837	3.903
TRIGO	2.755	2.719	2.751	2.684	2.666	2.715
MILHO	4.375	4.288	4.424	4.369	4.472	4.386

Fonte: Fao Production Yearbook (2004)

TABELA 5 - Produção de arroz em casca entre os principais produtores, em 1.000 t, no período De 1999 a 2003.

<b>CULTURA</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>MÉDIA</b>
CHINA	200.403	189.814	179.302	176.342	166.417	182.456
ÍNDIA	134.496	127.465	140.008	107.600	132.013	128.316
INDONÉSIA	50.866	51.898	50.461	51.490	52.079	51.359
BANGLADESH	34.430	37.628	36.269	37.851	38.060	36.848
VIETNÃ	31.394	32.530	32.104	34.445	34.517	32.998
TAILÂNDIA	24.172	25.844	26.523	26.057	27.000	25.919
MYANMAR	20.126	21.324	21.914	22.780	24.640	22.157
FILIPINAS	11.787	12.389	12.955	13.271	14.031	12.887
JAPÃO	11.469	11.863	11.320	11.111	9.740	11.101
BRASIL	11.710	11.090	10.184	10.457	10.198	10.728
EST. UNIDOS	9.344	8.658	9.764	9.569	9.034	9.274

Fonte: Fao Production Yearbook (2004)

TABELA 6 - Produtividade de arroz entre os países maiores produtores do mundo e o Brasil, em kg/ha, no período de 1999 a 2003.

<b>CULTURA</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>MÉDIA</b>
CHINA	6.334	6.264	6.152	6.186	6.074	6.202
ÍNDIA	3.236	2.851	3.138	2.683	3.000	2.982
INDONÉSIA	4.252	4.401	4.388	4.469	4.538	4.410
BANGLADESH	3.214	3.484	3.402	3.423	3.429	3.390
VIETNÃ	4.102	4.243	4.285	4.590	4.634	4.371
TAILÂNDIA	2.425	2.613	2.620	2.609	2.455	2.544
MYANMAR	3.241	3.383	3.417	3.674	3.705	3.484
FILIPINAS	2.947	3.068	3.187	3.280	3.427	3.182
JAPÃO	6.414	6.702	6.635	6.582	5.850	6.437
BRASIL	3.071	3.034	3.241	3.324	3.238	3.182
EST. UNIDOS	6.574	7.037	7.278	7.373	7.448	7.142

Fonte: Fonte: Fao Production Yearbook (2004)

TABELA 7 - Produção, consumo total, importação, consumo per capita, exportação e preço de arroz em casca no Brasil. 1994 a 2004.

<b>Ano/</b>	<b>Produção</b>	<b>Consumo</b>	<b>Importação</b>	<b>Consumo</b>	<b>Exportação</b>	<b>Preço</b>
<b>Safra</b>	<b>(1.000 t)</b>	<b>(1.000 t)</b>	<b>(1.000 t)</b>	<b>per capita</b>	<b>(1.000 t)</b>	<b>(R\$/t)</b>
93/94	10.523	11.560	1.683	75,6	2,6	695
94/95	11.237	11.595	1.018	74,9	16,4	662
95/96	10.037	11.629	1.138	74,0	11,7	562
96/97	9.524	12.147	1.269	76,0	4,6	518
97/98	8.463	11.750	2.013	72,0	9,9	528
98/99	11.582	12.050	1.398	72,4	37,7	645
99/00	11.423	11.950	1.008	70,4	21,1	477
00/01	10.386	11.850	1.024	68,6	24,4	377
01/02	10.626	11.981	780	68,2	21,9	444
02/03	10.441	12.101	1.500	67,8	20,0	517
03/04	12.700	12.600	800	69,2	100,0	600

Fonte: Agrianual (2004); Conab (2004)

TABELA 8 - Área plantada (1.000 ha) com arroz nos estados maiores produtores do Brasil, no período de 2000/2004.

<b>ESTADO</b>	<b>ANOS</b>					<b>MÉDIA</b>
	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	
RS	941	936	984	962	1.048	974
MT	675	473	441	450	721	552
SC	134	135	140	144	151	141
MA	478	407	479	496	516	475
PA	313	335	244	290	292	295
TO	149	149	146	138	165	149
GO	147	118	112	115	165	131
MS	74	63	50	50	56	59
MG	135	128	97	88	95	109
PI	173	195	154	140	164	165
BRASIL	3.706	3.247	3.181	3.194	3.733	3.412,2

Fonte: Agrianual (2004); Conab (2004); IBGE (2004)

TABELA 9 - Produção de arroz em casca (1000 t) dos estados maiores produtores do Brasil, 2000/2004.

<b>ESTADO</b>	<b>ANOS</b>					<b>MÉDIA</b>
	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	
RS	5.080	5.149	5.477	4.697	6.221	5.325
MT	1.891	1.331	1.198	1.256	2.122	1.560
SC	804	835	924	1.035	1.020	924
MA	717	642	629	689	812	698
PA	454	502	413	585	591	509
TO	392	392	309	382	165	328
GO	284	189	213	244	368	260

MS	251	247	213	239	244	239
MG	291	279	212	191	212	237
PI	252	295	89	196	169	200
BRASIL	11.423	10.386	10.472	10.320	13.131	11.146

Fonte: Agrianual (2004); Conab (2004); IBGE (2004)

TABELA 10 - Produtividade (kg/ha) da cultura de arroz nos estados maiores produtores do Brasil, 2000/2004.

ESTADO	ANOS					MÉDIA
	2000	2001	2002	2003	2004	
RS	5.400	5.500	5.581	4.884	6.005	5.474
MT	2.800	2.815	2.723	2.792	2.945	2.815
SC	6.000	6.198	6.727	7.201	6.758	6.577
MA	1.500	1.580	1.314	1.389	1.575	1.472
PA	1.450	1.500	1.758	2.020	2.022	1.750
TO	2.640	2.635	2.230	2.764	2.606	2.575
GO	1.930	1.600	1.909	2.125	2.229	1.959
MS	3.420	3.900	4.337	4.836	4.550	4.209
MG	2.150	2.170	2.165	2.175	2.273	2.187
PI	1.457	1.510	577	1.397	1.144	1.217
BRASIL	3.106	3.199	3.321	3.238	3.557	3.284

Fonte: Agrianual (2004); Conab (2004); IBGE (2004)

TABELA 11 - Área plantada (1000 ha) com a cultura de arroz em Minas Gerais, no período de 2000 a 2004.

Modalidade de cultivo	Safr					Participação (%)
	2000	2001	2002	2003	2004	
Sequeiro	57	45	39	35	39	41
Várzea úmida	59	55	44	39	39	45
Irrigado	16	14	15	14	15	14
Total	132	114	98	88	93	-

Fonte: Agrianual (2004); IBGE (2004)

TABELA 12 - Produção (1.000 t) da cultura de arroz em Minas Gerais, no período de 2000 a 2004.

Modalidade	Safr	Participação
------------	------	--------------

de cultivo	2000	2001	2002	2003	2004	Média	(%)
Sequeiro	85	66	60	55	66	66	30
Várzea úmida	117	105	90	82	85	96	44
Irrigado	63	51	61	55	60	58	26
Total	265	222	211	192	211	220	-

Fonte: Agrianual (2004); IBGE (2004)

TABELA 13 - Produtividade (kg/ha) da cultura de arroz em Minas Gerais, no período de 2000 a 2004.

Modalidade de cultivo	Safrá					
	2000	2001	2002	2003	2004	Média
Sequeiro	1500	1461	1550	1550	1680	1548
Várzea úmida	1991	1934	2042	2083	2179	2046
Irrigado	3785	3726	3984	3961	3950	3881
Média	2006	1947	2149	2167	2257	2095

Fonte: Agrianual (2004); IBGE (2004)

## 4 CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA E MORFOLÓGICA DA PLANTA

Classe - Monocotiledoneae

Ordem - Glumiflorae

Família - Poaceae

Tribo - Oryzae

Gênero - Oryza

Espécie - sativa L.

Grupos (subespécies) ou raças ecogeográficas:

- Índica;
- Japônica;
- javânica ou japônica tropical.

A distinção entre as três subespécies, alicerçadas em características morfológicas, nem sempre é clara, em razão de um grande número de formas intermediárias e híbridas. Entretanto, há diferenças de natureza fisiológicas que permitem separá-las. São identificadas principalmente pela esterilidade parcial ou total de seus híbridos.

Entre as principais características de cada grupo podem se destacar:

### GRUPO INDICA

Folhas verde-claras, longas e inclinadas

### GRUPO JAPÔNICA

Folhas verde-escuras, estreitas e eretas

Grãos delgados	Grãos curtos e arredondados
Alto perfilhamento	Perfilhamento médio
Porte alto	Porte baixo
Fácil degrana natural	Difícil degrana natural
Sensibilidade variável ao fotoperíodo	Insensível ou baixa sensibilidade ao fotoperíodo
Conteúdo médio a alto de amilose	Baixo conteúdo de amilose
Grãos com aspecto seco, suave e pouco desintegrado na cocção	Grãos são pegajosos e tendem a desintegrar-se na cocção
Baixa resposta ao N	Maior resposta ao N
Menor tolerância a baixa temperatura	Tolerantes à baixa temperatura

O tipo javânica ou bulú é morfologicamente similar ao tipo japônica, mas suas folhas são mais largas e pubescentes, seu perfilhamento é baixo, mas a planta é forte e rígida, insensível ao fotoperíodo e os grãos são aristados.

A diferenciação entre grupos, hoje, está confusa, pois técnicas modernas de cruzamento possibilitaram o intercruzamento entre todas as formas, logo não é mais possível identificar a que grupo uma cultivar pertence, baseado nas descrições anteriores.

No Brasil, as cultivares de arroz plantadas em condições irrigadas por inundação, de um modo geral, pertencem ao grupo índica, enquanto que as de terras altas estão no grupo das javânicas, também conhecidas como japônica tropical.

## 5 MORFOLOGIA DA PLANTA

A planta do arroz apresenta sistema radicular fasciculado, caules redondos e ocos, com folhas sésseis, de limbo foliar plano e inflorescência terminal em forma de panículas. O porte das plantas pode variar de 40 cm nas cultivares anãs, a até 7 m nas flutuantes. Embora tenha-se originado de uma forma perene, o arroz cultivado é de características anuais. Todavia, em condições especiais, pode ser mantida em propagação por vários anos e até explorado economicamente - soca.

Para efeito de descrição, a planta de arroz pode ser subdividida em:

- órgãos vegetativos: raiz, caule e folha
- órgãos florais ou de reprodução: panícula, flor e fruto.

### Órgãos vegetativos

#### Raiz

De acordo com o desenvolvimento, a planta do arroz pode ter duas classes de raiz (Fig. 1):

**a) Seminais ou temporárias** - são constituídas da raiz seminar primária ou radícula, oriunda do embrião e das raízes seminais secundárias, desenvolvidas eventualmente a partir do eixo compreendido entre o nó do coleótilo e a base da radícula (mesocótilo).

É composta de até 8 raízes delgadas e curtas, pouco ramificadas e de duração temporária, mantendo-se funcionais até o estágio de 7 folhas. Sua função principal é absorver água no estágio inicial da planta. Em plantios profundos crescem menos, em função das reservas do albúmem serem usadas no desenvolvimento do caulículo. As raízes seminais secundárias (raízes do mesocótilo) apenas se desenvolvem sob certas condições, tais como semeadura profunda, quando o mesocótilo se alonga em detrimento da radícula.

**b) Secundárias, adventícias ou permanentes** - são formadas posteriormente em substituição às seminais e originam-se de gemas axilares situadas nos nós inferiores do colmo principal, bem como dos perfilhos, constituindo um conjunto compacto de raízes nodais. De cada nó, normalmente, desenvolvem-se de 5 a 25 raízes comumente denominadas de raízes nodais primárias. Destas, posteriormente, desenvolvem-se raízes secundárias ramificadas, das quais, por seu turno, originam-se raízes terciárias e assim por diante, constituindo-se o sistema fasciculado do arroz (Fig. 2). O arroz irrigado pode desenvolver raízes de sexta ordem. O número de raízes aumenta a partir do início do crescimento até a floração e, em seguida, diminui gradativamente até a maturação, quando a maioria das raízes está morta.

Cultivares precoces têm sistema radicular menos desenvolvido que as tardias. O crescimento vertical e lateral das raízes é mais pronunciado em cultivares mais altas e há associação entre o número de colmos e o número de raízes. Em condições anaeróbicas, a profundidade do sistema radicular raramente passa dos 40 cm, entretanto, o arroz de terras altas pode apresentar raízes a 140 cm de profundidade.

As raízes do arroz são providas de cavidades aeríferas, que vão da coroa à extremidade (Fig. 3). O oxigênio é absorvido pela parte aérea da planta e pela coroa da raiz na forma gasosa ou dissolvida e transportado às extremidades mais finas das raízes através dessas cavidades. O arroz é assim anatomicamente adaptado a crescimento em solos submersos, onde o arejamento é limitado.

---

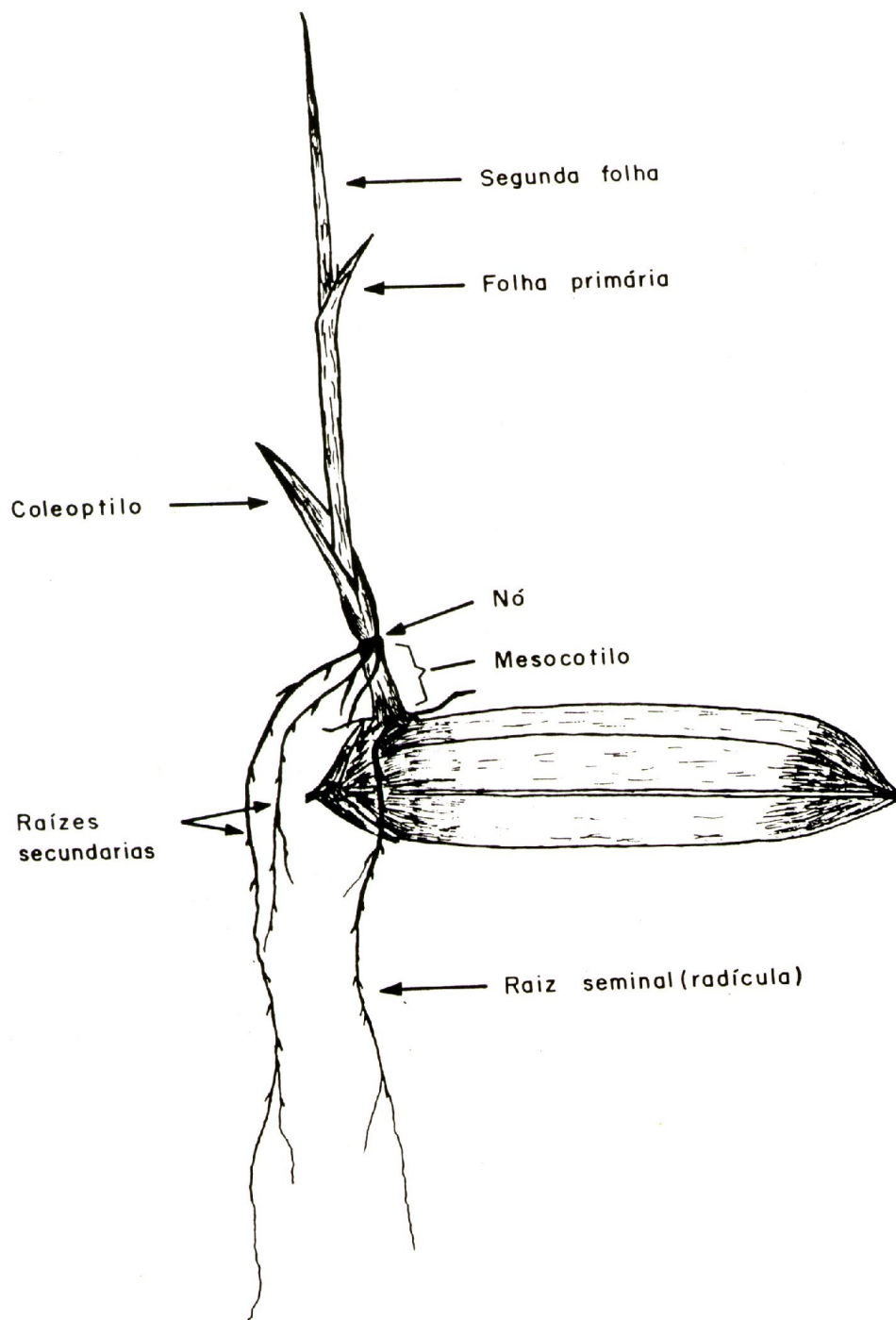


FIGURA 1 - Primeiros estágios da plântula de arroz  
Fonte: Galli et al. (1985)

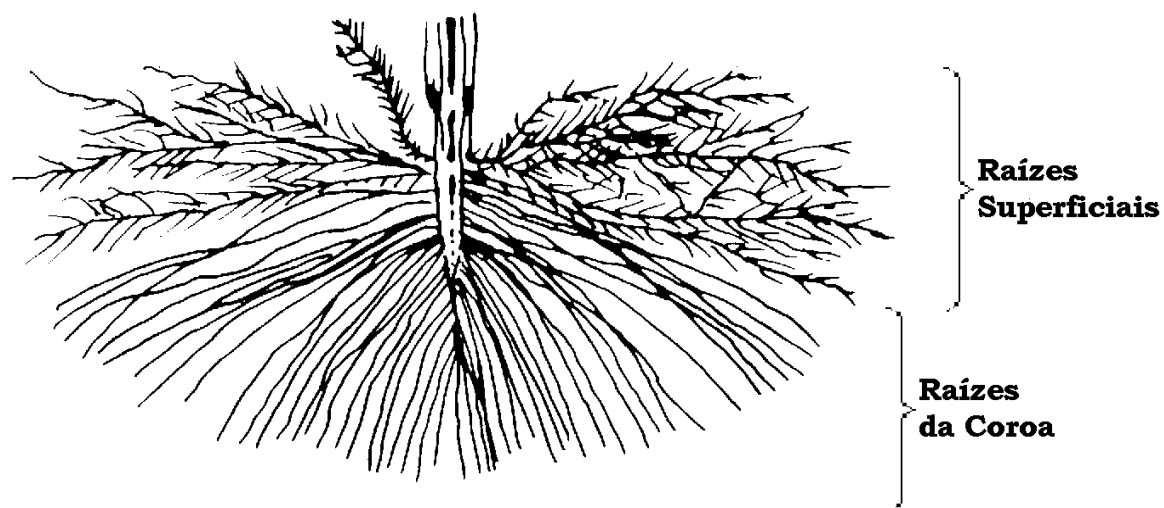


FIGURA 2 - Sistema radicular fasciculado do arroz  
 Fonte: Fornasieri Filho e Fornasieri (1993)

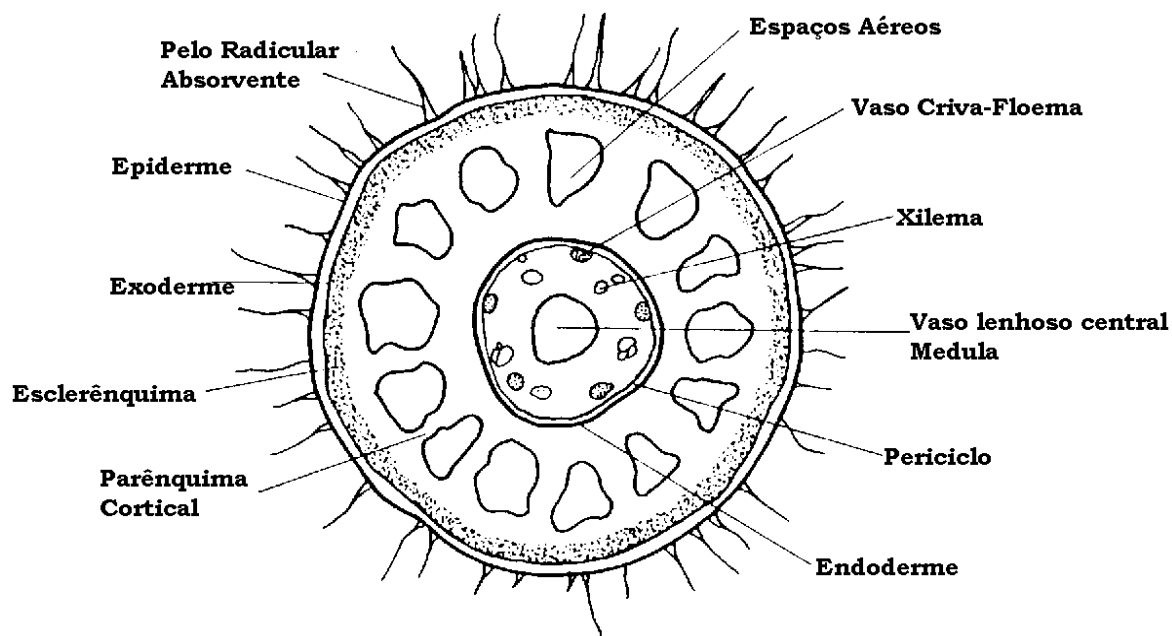


FIGURA 3 - Corte transversal da raiz do arroz  
 Fonte: Vasconcelos (1963), adaptado de González et al. (1985)  
**Caule** (Colmo)



É do tipo colmo, ereto, cilíndrico, constituído pela alternância de nós e entrenós, com diâmetro variando de 6 a 12 mm (Fig. 4). Em uma planta madura, encontram-se de 12 a 22 entrenós. Na base do colmo principal, desenvolvem-se entrenós curtos, onde cada nó apresenta uma gema e primórdios radiculares. Tais gemas darão origem aos perfilhos primários; posteriormente, estes darão origem aos perfilhos secundários e assim por diante. A parte interna do nó, o septo nodal, ou septo, separa os entrenós adjacentes; estes são ocos, finamente estriados, brilhosos, de coloração variada (esverdeada, amarelo-pálido, rosa claro e roxo escuro) e de comprimento decrescendo do ápice para a base. Dos 12 a 22 entrenós de uma planta, somente 4 a 9 entrenós superiores podem ultrapassar 5 cm de comprimento e os 4 a 6 últimos podem atingir 10 a 40 cm.

Antes do aparecimento da última folha (folha-bandeira), o entrenó superior é pequeno. Porém, logo após a diferenciação do primórdio floral, quando se inicia a formação da panícula, este entrenó cresce rapidamente, constituindo a base de alongamento, atingindo comprimento de até 40 cm.

O último entrenó é chamado de pedúnculo, o qual pode ser reto ou recurvado, podendo ou não ficar envolvido pela bainha da última folha.

## Folha

As folhas, em número de 10 a 20, distribuem-se alternadamente ao longo do colmo, fixando-se a este pela bainha. Possuem normalmente bainha, limbo, lígula e aurícula, com exceção da primeira - o prófilo - que não possui lâmina foliar e está constituída por duas brácteas.

O limbo é, geralmente, linear ou linear lanceolada e sésil, com comprimento, largura, coloração, ângulo e pubescência variáveis, segundo a cultivar. A última folha é denominada de folha bandeira e é geralmente mais curta e mais larga, com ângulo de inserção bem definido. As folhas apresentam estômatos em ambos os lados da lâmina foliar.

A bainha foliar, em cuja base se encontra o nó, envolve o entrenó imediatamente superior e, em alguns casos, até o nó seguinte. Geralmente é glabra. A protuberância ou engrossamento, observado logo acima da inserção da bainha, é denominado de pulvino e é freqüentemente confundido com o nó.

As aurículas e lígula situam-se no colo da folha, que é o ponto de junção da bainha e o limbo foliar. Elas servem para diferenciar o arroz do capim arroz. As aurículas são constituídas de dois apêndices felpudos de coloração amarelo-palha e têm formato de uma foice. A lígula é uma estrutura triangular membranosa (prolongamento da bainha) de coloração esbranquiçada (Fig. 4).

O ângulo de inserção das folhas é importante no aproveitamento da radiação solar. Plantas de folhas espessas e eretas aproveitam melhor a luminosidade, comparadas com as plantas de folhas decumbentes.

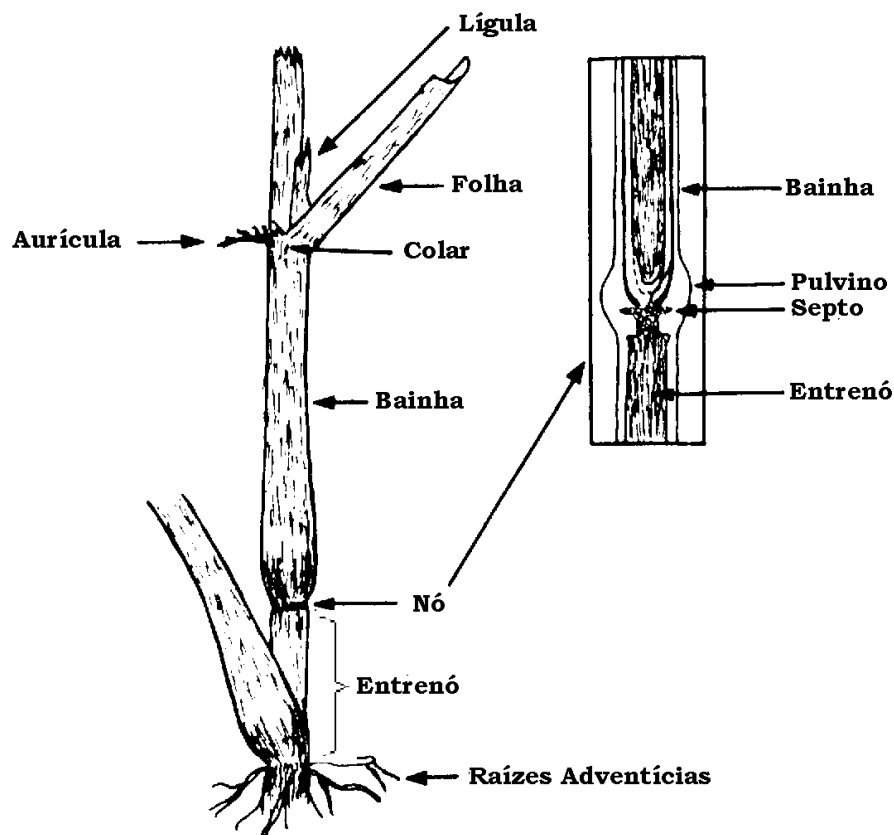


FIGURA 4 - Representação de um colmo e nó em arroz  
Fonte: Galli et al. (1985)

## Órgãos florais

### Panícula

É o conjunto de flores inseridas na extremidade superior da planta de arroz, formando uma inflorescência (Fig. 5).

As panículas são constituídas de:

- **pedúnculo ou pescoço** - é o entrenó superior do colmo no qual se forma a panícula (separa-se do ráquis pelo nó ciliar);
- **ráquis** - é o eixo principal da panícula e vai desde o nó ciliar até o ápice. De seus nós, nascem ramificações, que, por sua vez, tornam-se a ramificar. A ramificação é do tipo racimosa. Na extremidade das ramificações, desenvolvem-se as espiguetas, unidas a ela pelo pedicelo;
- **espiguetas** - é a unidade básica da inflorescência; teoricamente, compõe-se de três flores, das quais somente uma se desenvolve. A espiguetas é composta por glumas ou lemas estéreis, ráquila (eixo que sustenta a flor), duas glumelas (Lema e Pálea) e uma flor. A lema pode apresentar um prolongamento - a arista - de comprimento variável (Fig. 6). O número de grãos por panícula, em média, numa cultivar comercial, varia de 100 a 150.

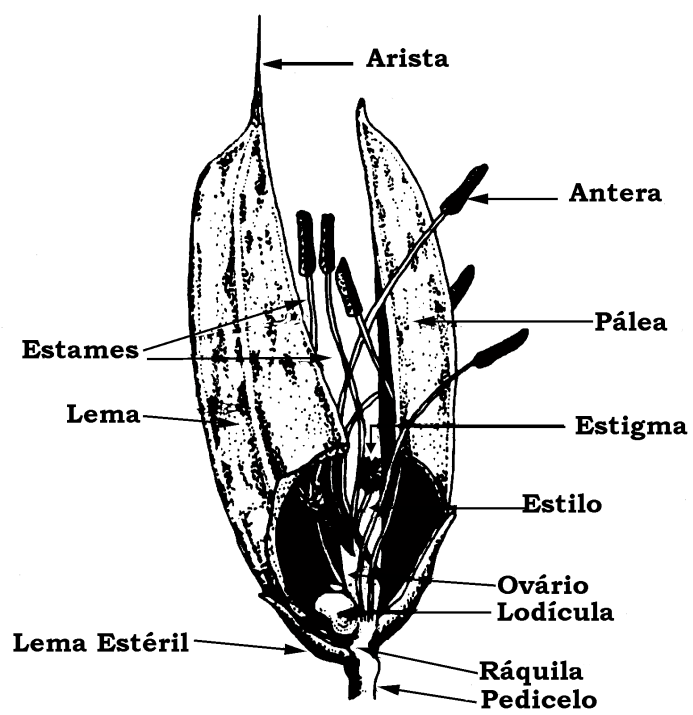
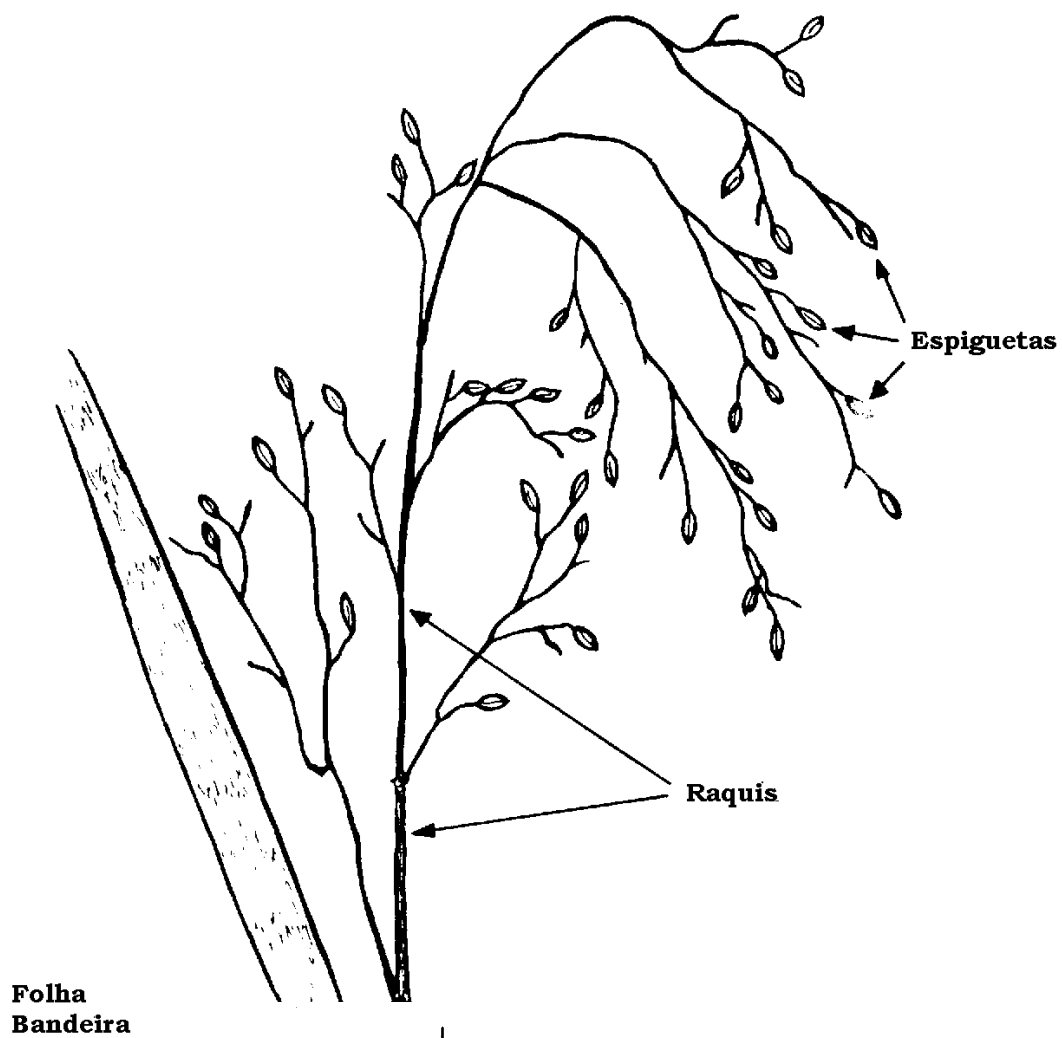


FIGURA 5 -  
Fonte: Galli

FIGURA 6 - Estrutura da espiguetta de arroz  
Fonte: González et al. (1985)

## **Flor**

A flor é envolvida pelas duas glumelas e apresenta na base duas lodículas, seis estames, um ovário com estilete curto e dois estigmas plumosos. As lodículas, quando na antese, tornam-se túrgidas e separam a lema e a pálea, permitindo a emergência dos estames alongados (Fig. 7).

O estame ou androceu, que é o órgão masculino da flor, é composto de filete, conetivo e anteras. As anteras são biloculares (alargada e bipartida) e cada uma pode conter de 500 a 1000 grãos de pólen.

O pistilo ou gineceu, que é o órgão feminino da flor, é formado pelo estigma, estilete (estilo) e ovário. O ovário possui somente um óvulo em seu interior.

## **Fruto**

O fruto do arroz é uma cariópse (Botanicamente: grão de arroz descascado), que, juntamente com a casca (pálea, lema, lemas estéreis e ráquila), formam a semente ou grão. A casca é porosa, leve e rica em sílica, 15 a 18%. A semente de arroz é um ovário maduro, fecundado, seco e indeiscente. Portanto, a semente é constituída de casca e fruto (Fig. 8).

---

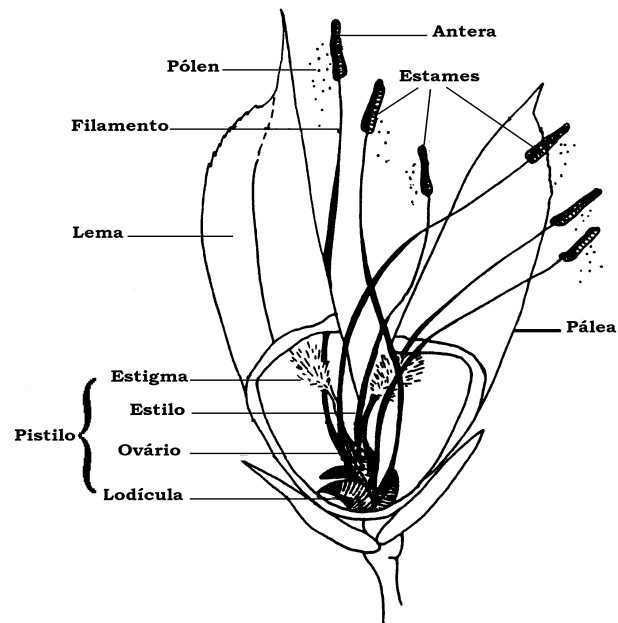


FIGURA 7 - Estrutura de uma flor de arroz

Fonte: Fonte: González et al. (1985)

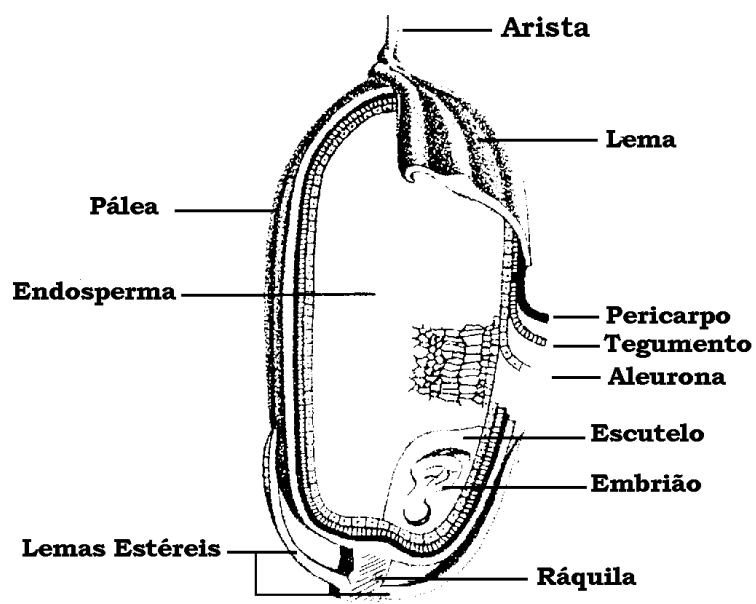


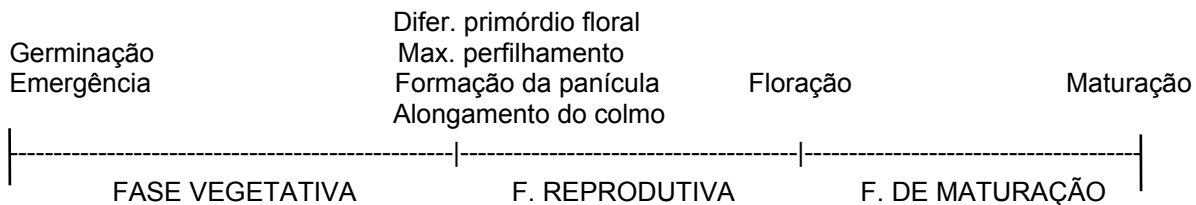
FIGURA 8 - Estrutura da semente de arroz

Fonte: González et al. (1985)

Debaixo da casca (lema e pálea), encontra-se o pericarpo, formado a partir das paredes do ovário, o qual rodeia a única semente constituída de:

- **tegumento** - camada de células, originária dos integumentos internos do óvulo;
- **albúmen** (endosperma) - formado de grânulos de amido embebidos em matriz protéica, cuja camada mais externa de células é chamada de aleurona;
- **embrião** (ou plântula) - situa-se no dorso, junto à base; é coberto na parte externa quase apenas pelo pericarpo e tegumento. Contém as folhas embrionárias (plúmula), o mesocótilo (zona das raízes seminais) e raiz embrionária primária (radícula). A plúmula está envolta pelo coleóptilo e a radícula pela coleoriza. O coleóptilo está envolto pelo epiblasto, considerado como cotilédone rudimentar e pelo escutelo.

## 6 FASES DE CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DO ARROZ



**Fase vegetativa:** inicia-se com a germinação da semente (emissão da radícula e coleóptilo) e termina quando ocorre a diferenciação do primórdio floral ou da panícula.

**Fase reprodutiva:** inicia-se com a diferenciação do primórdio floral e vai até a floração, polinização e fertilização.

**Fase de maturação:** vai da floração (fecundação) à maturação completa.

Duração de cada fase:

- Fase vegetativa: bastante variável (40 a 150 dias)
- Fase reprodutiva: cerca de 35 dias
- Fase de maturação: de 25 a 35 dias

Quanto ao ciclo, as cultivares podem ser classificadas em:

- Precoces                   até 105 dias
- Semi-precoces       de 106 a 120 dias
- Médias                   de 121 a 135 dias
- Semi-tardias       de 136 a 150 dias
- Tardias                   acima de 150 dias

### Fase vegetativa

Pode ser dividida ainda em duas subfases:

- subfase vegetativa básica ou ativa;
- subfase vegetativa fotossensitiva ou lenta (ou fotoperíodo sensível).

#### **a) Subfase vegetativa básica ou ativa**

É o período de crescimento necessário para que o primórdio floral ocorra. Ocorre no estágio juvenil de crescimento, quando o arroz mostra-se insensível ao fotoperíodo e cuja duração varia de 25 a 65 dias. É um período mais ou menos fixo para cada cultivar, não sofrendo influência do fotoperíodo, podendo porém ser influenciado por temperatura.

#### **b) Subfase vegetativa fotossensitiva ou lenta**

O crescimento da planta e das folhas é mais lento do que durante a fase anterior. É bastante curto ou inexistente nas cultivares precoces ou insensíveis ao fotoperiodismo. É mais acentuado nas cultivares tardias, mas existe principalmente naquelas sensíveis ao comprimento do dia. É um período existente entre o fim da fase vegetativa básica e o início da diferenciação do primórdio floral. Sua duração está na dependência do comprimento do dia, necessário para a indução da fase reprodutiva.

### **Estádios de desenvolvimento de cada fase**

#### **• Fase vegetativa**

Caracteriza-se pelo ativo perfilhamento, gradual aumento em altura da planta e emergência foliar a intervalos regulares.

Compreende três estádios:

##### **a) germinação a emergência**

Compreende o período que vai da semeadura ao surgimento da 1ª folha. O processo de germinação se dilata em função da umidade e da profundidade de semeadura, podendo demorar de 5 a 10 dias. A temperatura também tem efeito no processo de acelerar ou retardar a germinação. Esse período pode variar também dependendo da cultivar.

##### **b) plântula**

Abrange o período compreendido entre a emergência ao início do surgimento do primeiro perfilho. Durante esta etapa, desenvolvem-se as raízes seminais e as primeiras folhas, utilizando-se de reservas contidas no endosperma, as quais permitem o desenvolvimento da plântula até a emergência da quarta folha. Nesse ponto, surgem do nó de sua primeira folha as primeiras raízes adventícias e o primeiro perfilho. Sua duração é de 10 a 15 dias.

Entre 7 e 8 dias, após a emergência, a plântula intensifica a absorção de nutrientes e a fotossíntese, tornando-se independente da semente. Na primeira semana após a germinação, a fotossíntese é responsável por pelo menos 30% do crescimento; na segunda, por mais de 84%, e na terceira suporta a totalidade do crescimento.

##### **c) perfilhamento**

---

Vai da emissão do primeiro perfilho (10 a 15 dias após a emergência) até quando a planta atinge o máximo perfilhamento, ou até o começo da fase seguinte (Reprodutiva). A etapa do perfilhamento é a mais longa e dura de 45 a 50 dias, podendo ser maior ainda nas cultivares fotossensitivas.

Os perfilhos primários emergem seqüencialmente do primeiro, segundo, terceiro e nós seguintes do colmo principal. Os perfilhos secundários emergem depois do desenvolvimento de cada perfilho primário em seu primeiro, segundo e terceiro nó. Perfilhos terciários emergem do primeiro nó dos perfilhos secundários. Algumas cultivares chegam a produzir perfilhos quaternários.

#### • Fase reprodutiva

Nesta fase situam-se os períodos mais críticos da cultura, porque nela determina-se o número potencial máximo de grãos por panícula, e por a planta mostrar-se muito sensível a estresses ambientais, sobretudo estresse hídrico. Na Tabela 14, é mostrado o efeito do déficit hídrico em diferentes estádios sobre a produtividade de grãos e seus componentes.

TABELA 14 - Efeitos do déficit hídrico antes e após o florescimento do arroz na produção e seus componentes.

Déficit hídrico (dias do floresc.) <sup>1</sup>	Rendimento (g/parcela)	Panícula (nº/parcela)	Esterilidade (%)	Espiguetas cheias (%)	Peso de 1000 grãos (g)
-55	18,0	11	11	70	21,8
-51	16,8	11	9	66	22,0
-43	19,5	11	14	65	21,5
-35	20,0	12	11	60	20,5
-27	17,0	11	12	54	20,2
-19	15,7	11	34	52	20,8
-11	6,5	10	62	29	21,6
-3	8,3	10	59	38	20,9
+5	16,5	11	10	59	21,9
+13	20,5	10	7	66	22,5
Sem déficit	22,7	10	15	65	21,9

<sup>1</sup> Sinal negativo indica dias antes do florescimento e sinal positivo dias após o florescimento.

Fonte: Matsushima (1962), citado por Yoshida (1981); Déficit hídrico: 0,03 - 0,05 MPa

Esta fase compreende quatro estádios:

##### a) Estádio de alongação dos colmos (entrenós)

A diferenciação do meristema no ponto de crescimento do colmo demarca a iniciação do primórdio da panícula (floral), com a planta passando da fase vegetativa para a reprodutiva.

Em seguida, ocorre a alongação do colmo e a diferenciação e desenvolvimento da panícula, conferindo maior estatura às plantas em um período bastante curto.

##### b) Estádio de emborrachamento:

É o entumescimento da bainha da "folha bandeira" observado próximo à emissão da panícula, ocasionado pelo crescimento da panícula dentro do colmo.

##### c) Estádio de exserção da panícula



É caracterizado pela emergência da panícula por meio da bainha da "folha bandeira". Esse estágio, erroneamente chamado de floração, de fácil observação, é muito usado para avaliar o ciclo vegetativo das plantas.

#### **d) Estádio de floração**

A floração inicia-se pelas flores situadas no terço superior da panícula; as flores situadas no meio e no terço inferior abrem-se nos dias sucessivos, completando-se em quatro dias, aproximadamente.

Após este período, segue-se a polinização e fecundação na mesma ordem, do ápice para a base da panícula.

#### **• Fase de maturação**

Após a fertilização do óvulo, o endosperma começa a se desenvolver, tornando-se visível em poucos dias. Segue o desenvolvimento do grão, que passa por três estádios:

##### **a) Estádio de grão leitoso**

Após a fertilização, os carboidratos armazenados (bainha e colmos) são rapidamente deslocados para o local de formação dos grãos. De início (cinco dias após a fertilização), se observa um líquido leitoso, que pode ser facilmente constatado, pressionando as espiguetas com os dedos.

##### **b) Estádio de massa (fase pastosa do grão)**

Após o estágio leitoso, o grão passa para o estágio de massa, (pastosa suave no início), tornando-se consistente em três a cinco dias e vai até quase completar seu desenvolvimento total (26 a 30% de umidade).

##### **c) Estádio de maturação**

É quando o grão se encontra completamente maduro, o endosperma completou seu desenvolvimento e apresenta-se branco, sem pontuações verdes.

A maturação fisiológica (grãos com 28% a 30% umidade) ocorre antes da maturação de colheita (grãos com 18% a 22% umidade).

Na maturação, as folhas começam a amarelecer e morrem, inicialmente as inferiores. Em cultivares de porte moderno, de folhas curtas, espessas e eretas, as folhas superiores permanecem verdes por mais tempo. Algumas espiguetas não são enchidas e a panícula inclina-se totalmente desde o nó do colo.

## **7 COMPONENTES DA PRODUÇÃO DE GRÃOS**

Os componentes da produção de grãos são quatro:

- número de panículas/m<sup>2</sup>;
- número de grãos/panícula;
- % de grãos cheios;

- peso de 100 grãos.

Produção de grãos (t/ha) = N° de panículas/m<sup>2</sup> x N° de grãos/panícula x % de grãos cheios x peso de 100 grãos (g) x 10<sup>-4</sup>

### **Determinação dos componentes de produção**

#### **a) N° de panículas/área**

É determinado durante a fase vegetativa a até dez dias após a etapa de máximo perfilhamento. É função da densidade de semeadura, da porcentagem de emergência, da capacidade de perfilhamento da cultivar, das condições do meio, etc. Em geral, está definido entre 8 e 12 dias depois do estágio de perfilhamento máximo.

#### **b) N° de grãos/panícula**

O número de grãos/panícula é influenciado por condições ambientais durante a fase reprodutiva, sobretudo na meiose.

#### **c) % de grãos cheios**

É determinada no período compreendido entre as etapas de diferenciação do primórdio floral ao final da maturação fisiológica.

Durante esse período, ocorrem três etapas críticas, nas quais a porcentagem de espiguetas férteis pode decrescer facilmente.

Temperaturas baixas ou altas na meiose e na antese podem induzir à esterilidade. Na granação, tais temperaturas podem causar chochamento ou má granação.

#### **d) Peso de 100 grãos**

É determinado na fase reprodutiva até a maturidade fisiológica.

Trata-se de uma característica varietal estável, por ser basicamente dependente do tamanho da casca - determinado até o florescimento - e em menor grau pelo desenvolvimento da cariópse - determinado após o florescimento.

Em arroz de sequeiro, a deficiência hídrica durante a definição do tamanho da casca e na fase de enchimento dos grãos é o fator mais importante na redução do seu peso.

A contribuição de componentes de produção sobre a produção de grãos de arroz irrigado é mostrada na Tabela 15. Certamente que em arroz de sequeiro, as contribuições dos componentes de produção são diferentes, sobretudo se ocorrer deficiências hídricas prolongadas. Nesse caso, o número de grãos cheios pode ter um peso muito alto sobre os componentes de produção.

TABELA 15 - Contribuição dos componentes na produção do arroz (cultivar irrigada IR 47B2-6).

Componentes de produção	Contribuição para produção (%)
N° de grãos/m <sup>2</sup> (N° de panículas/m <sup>2</sup> x N° de grãos/panícula)	60,2
% de grãos cheios e peso de 100 grãos	21,2

---

Nº de grãos/m <sup>2</sup> e % de grãos cheios	75,7
Nº de grãos/m <sup>2</sup> e peso de 100 grãos	78,5
Nº de grãos/m <sup>2</sup> , % de grãos cheios e peso de 100 grãos	81,4 <sup>a</sup>

---

<sup>a</sup> Erro experimental de 18,6%

Fonte: Yoshida e Parão (1976)

## 8 CLIMA

O arroz desenvolve-se nas mais diversas condições climáticas e, hoje, é cultivado desde 53° LN até 40° LS. Ou seja, desde o clima frio e de altitude nas montanhas do Nepal e Índia até os desertos quente do Egito, Iran e Paquistão e terras secas em parte da Ásia, África e América Latina. Em outro extremo, é cultivado em condições inundadas até 3 m de profundidade nos países asiáticos. Devido à sua alta adaptação, o arroz é atualmente cultivado em quase todos os países de todos os continentes, a exceção da Antártida.

Em geral, as regiões úmidas dos trópicos, onde ocorre a maior área de arroz, são tidas como as mais próprias. Entretanto, as mais altas produtividades têm sido obtidas nas áreas de latitudes mais elevadas, como o sudeste da Austrália, o norte do Japão, o Egito e a Espanha.

O principal fator limitante ao cultivo do arroz é a água, razão de concentrar seu plantio em terras baixas, bacias, deltas de rios com temperatura elevada e muita luz.

Entre os fatores climáticos, os de maior importância são: a temperatura, luz-fotoperíodo e umidade.

### - Temperatura

O arroz requer mais calor e umidade do que qualquer outro cereal. A temperatura média adequada durante o ciclo do arroz varia de 20° a 38°C, todavia, as ótimas variam de 29° a 32°C. Temperaturas acima de 37°C aceleram o ciclo e reduzem a produção e abaixo de 20°C provocam retardamento considerável no processo de crescimento e redução no número de perfilhos.

Trabalho realizado nas Filipinas com a cultivar IR 26, demonstrou que o maior rendimento foi obtido com temperaturas diurnas/noturnas de 29°C/21°C.

O arroz exige temperaturas adequadas diferentes para as diversas fases da cultura. Por exemplo, na germinação, a temperatura ótima fica compreendida entre 30° a 35°C; no perfilhamento está na faixa de 25° a 31°C; na antese, que é a fase mais importante em relação a temperatura, a ótima é de 30° a 33°C, e na maturação 20° a 25°C.

Uma pequena queda da temperatura noturna concorre para reduzir as perdas de carboidratos durante a noite e aumentar a produtividade.

Altas temperaturas podem prejudicar a cultura do arroz, principalmente sob baixa umidade. Estes dois fatores, associados a ventos fortes e sol intenso, ressecam as folhas logo após a emissão das panículas. Acima de 35°C, especialmente nos estádios de emborrachamento, exssecção da panícula e floração, a esterilidade das espiguetas aumenta significativamente, em função de diferentes cultivares, sobretudo porque as espiguetas não possuem estômatos, fundamental no controle de temperatura altas.

---

### - Luz-fotoperíodo

Dias claros e atmosfera límpida trazem um aumento da atividade fotossintética e da capacidade potencial de produção de grãos, sendo ainda favoráveis à maturação e à melhor qualidade do grão. Período de crescimento muito chuvoso ou céu nublado concorre para diminuir a produção. A deficiência de radiação solar prejudica mais intensamente a produção de grãos no estágio reprodutivo e, em segundo lugar, no estágio de maturação. Na fase vegetativa, o sombreamento causa pouco efeito sobre a produção.

O arroz requer 300 calorias/dia, na fase reprodutiva para produtividade de grãos acima de 5 t/ha. Para rendimentos inferiores a 5 t/ha, a radiação tem menos importância.

O arroz reage de forma muito variada à duração do comprimento do dia. De modo geral, o arroz pode ser considerado planta de dias curtos; fotoperíodos curtos (menos de 13 horas) apressam o início da floração, enquanto que dias longos (mais de 13 horas) prolongam a fase vegetativa.

A reação ao comprimento do dia é variável entre as cultivares indiferentes ao fotoperíodo.

As cultivares sensíveis ao fotoperíodo são freqüentemente de ciclo médio ou tardio e são também conhecidas como de "datas fixas" e tendem sempre a florescer na mesma data, independentemente da época de plantio.

As cultivares insensíveis ao fotoperíodo são denominadas de "período fixo", uma vez que semeadura mais cedo ou mais tarde tem pequena influência sobre seu ciclo de vida. As referidas cultivares podem florescer e amadurecer durante todo o ano, desde que não haja limitações quanto à temperatura e ao suprimento de água.

O comprimento do dia, após a diferenciação floral, tem pequena ou nenhuma influência sobre a época da emergência da panícula e na duração do período posterior até a colheita.

### - Umidade (água)

O arroz requer mais água do que qualquer outra cultura de duração similar. Todavia, menos de 5% da água absorvida é usada no processo fotossintético e o restante perde-se através da transpiração. Sob condições irrigadas, a água não constitui problema, pois ela está sempre disponível em abundância. Todavia, é o principal fator a determinar a produtividade do arroz de sequeiro, sendo a sua disponibilidade dependente das condições climáticas. Nesse sistema, é comum ocorrerem veranicos que podem ocasionar perdas totais ou parciais de produção.

A fase vegetativa é a menos sensível a déficit hídrico, embora possa prejudicar o desenvolvimento da cultura.

A fase reprodutiva constitui o período de maior sensibilidade à deficiência hídrica podendo ocorrer esterilidade das flores e menor nº de grãos/panícula. Após o florescimento, reduz o peso de grãos, prejudicando o metabolismo de carboidratos, além de provocar o "gessamento" dos grãos.

Alguns autores consideram que, para o arroz de sequeiro, não deve ocorrer menos de 200 mm de chuvas por mês durante o ciclo da cultura, sobretudo no estágio de "emborrachamento" e floração. As necessidades diárias de água são menores que 1 mm até os primeiros 30 dias, aumentando gradativamente até atingir o máximo de 6 a 7 mm entre 20 dias antes até a floração; a seguir cai gradativamente para 4 mm, sendo que após 30 dias do florescimento é da ordem de 2 mm. Em geral, considera-se que o arroz consome, na fase vegetativa, 30% de suas exigências totais, 55% na fase reprodutiva e 15% durante a maturação.

## 9 SOLO

De modo geral, o arroz pode ser cultivado nos mais diversos tipos de solos, desde que sejam atendidas suas exigências mínimas, principalmente quanto a umidade e nutrientes.

A escolha do tipo de solo é função do sistema de cultivo que se vai adotar: terras altas (sequeiro tradicional ou irrigado por aspersão) ou várzea (irrigado por inundação ou várzea úmida).

### a) Sistema de sequeiro

Nesse sistema, a umidade do solo é dependente exclusivamente das chuvas, logo as propriedades físicas do solo crescem de importância. O solo deverá apresentar boa capacidade de retenção de água, ser capaz de suprir as plantas nos períodos de carência pluvial e propiciar boas condições de drenagem e arejamento. Solos argilosos normalmente retêm mais água do que os de textura arenosa e, portanto, devem ser os preferidos.

Solos de textura arenosa só poderão ser usados em regiões onde não ocorrem períodos prolongados de estiagem durante o ciclo da cultura; mesmo assim, necessitam maiores cuidados nos aspectos de fertilização devido ao maior grau de lixiviação. Ademais, o problema da erosão é mais sério nos solos arenosos.

Embora o sistema radicular do arroz seja superficial (95% até 15 cm), o solo deve possuir condições tais que permitam maior aprofundamento das raízes para suportar melhor as adversidades da falta de água pelas chuvas. Assim, os solos para arroz de sequeiro devem possuir boa estrutura (granular), sem camada compactada abaixo da superfície, ser poroso, não ser excessivamente arenoso (argila > 25%) e ter razoável teor de matéria orgânica.

Em relação à acidez, as cultivares de sequeiro apresentam boa tolerância ao pH baixo e são bastante eficientes na extração de P. Todavia, em solos de baixo pH, não há resposta a melhores níveis de tecnologia, principalmente a adubações fosfatadas, devido ao elevado poder de fixação que estes solos possuem.

Os solos mais utilizados em grandes áreas de cultivo de arroz de sequeiro são os latossolos, indubitavelmente os mais adequados a uma mecanização intensiva. Por ser tolerante a acidez, mesmo os solos da região do cerrado não constitui impedimento ao cultivo do arroz, ainda que este não esteja corrigido. Entre as principais culturas produtoras de grãos, a do arroz de sequeiro é a menos exigente no tocante a qualidade de solo.

### b) Sistema irrigado

A cultura do arroz irrigado por submersão e com renovação constante de água é o sistema de cultivo mais favorável ao desenvolvimento das plantas e obtenção de maiores produções. Sua limitação reside nos investimentos iniciais para sistematização das áreas e captação de água necessária à irrigação.

Neste sistema, alguns pré-requisitos do solo devem ser atendidos:

**b.1 camada impermeável** - ou pouco permeável logo abaixo da zona das raízes ( $\pm 60$  cm) para reduzir os gastos com água de irrigação e minimizar a lixiviação de nutrientes;

**b.2 camada superior** - ser bem estruturada e porosa para permitir fácil drenagem do excesso de água para facilitar as operações culturais e reoxigenação da camada explorada pelas raízes. Com presença da camada impermeável, o arroz desenvolve-se bem em solos com camada superior de textura leve. Há evidência de que o arroz desenvolve-se melhor em solos de textura argilosa;

**b.3 teor de matéria orgânica** (M.O.) - maior teor de M.O. aumenta a quantidade de N potencial no solo para obtenção de altas produtividades. Em solos aluviais e hidromórficos (os mais utilizados), o teor de M.O. é sempre elevado.

Solos orgânicos e, sobretudo, os turfosos não devem ser utilizados, principalmente pelas dificuldades de estabelecer correção de acidez e do equilíbrio de nutrientes;

**b.4) acidez do solo** - embora a maioria das cultivares sejam razoavelmente tolerantes a solos ácidos, a faixa ideal de pH é de 5,5 a 6,0. Abaixo dessa faixa, ocorre acentuada fixação de P e presença de  $Al^{+3}$  e  $Mn^{+2}$  tóxicos.

Os solos mais importantes para esta modalidade de cultura são os aluviais e os hidromórficos Glei Húmico e Glei Pouco Húmico.

## 10 PREPARO DO SOLO

Com a expansão do uso do plantio direto na palha para as principais culturas produzidas no país, a prática de preparo do solo vem perdendo espaço. No caso do arroz de sequeiro, o sistema de plantio direto não tem sido vantajoso em relação ao convencional e tem sido pouco utilizado. Pesquisas têm sido realizadas no sentido de desvendar e adequar essa cultura ao plantio direto. Maiores detalhes sobre o uso do plantio direto em arroz está relatado posteriormente no tópico Plantio Direto. Apesar do desuso de práticas de revolvimento do solo na agricultura moderna, para o arroz de terras altas ainda é bastante utilizada, por isso esse assunto é resumidamente tratado a seguir.

Um bom preparo do solo facilita a emergência da plântula e o bom desenvolvimento dos sistema radicular. Elimina plantas daninhas já nascidas e enterra suas sementes superficiais, retardando a concorrência das invasoras com as plantas jovens do arroz, além de facilitar o plantio e os tratos culturais.

Considerações sobre os dois principais sistemas de cultivo de arroz:

### a) Arroz de sequeiro

O sistema radicular é fasciculado e bastante superficial, com 80% do peso total contido nos primeiros 20 cm de profundidade e, de modo geral, não atinge eficientemente mais do que 1m. Isso torna o arroz de sequeiro uma cultura bastante vulnerável a déficit hídrico no caso de ocorrência de veranicos prolongados. Assim, o preparo do solo é de fundamental importância para o sucesso da lavoura.

Geralmente, o produtor realiza o preparo do solo com arado de disco ou grade aradora a profundidades superficiais, ou seja, 20 cm ou menos. Isso tem levado a perdas frequentes de produção, causando grandes prejuízos. Uma das alternativas para minimizar esse problema é efetuar aração profunda, em torno de 30 a 35 cm, empregando o arado de aiveca. Essa prática promove um melhor desenvolvimento do sistema radicular e aumenta a capacidade de armazenamento de água pelo solo, reduzindo inclusive os riscos de erosão. Os efeitos dos métodos de preparo de solo sobre a densidade radicular no perfil do solo e sobre a produtividade do arroz de sequeiro são mostrados nas Tabelas 16 e 17, respectivamente.

TABELA 16 - Efeito do método de preparo do solo sobre a densidade radicular e produtividade do arroz de sequeiro, cultivar araguaia.

Perfil do solo (cm)	Densidade de raízes (g/dm <sup>3</sup> )			
	Grade aradora		Aração invertida	
	g/dm <sup>3</sup>	%	g/dm <sup>3</sup>	%
0-10	2,9781	85,0	2,2546	51
10-20	0,3214	9,0	0,9758	22
20-30	0,1207	3,0	0,6203	14
30-40	0,0544	1,5	0,2681	6
40-50	0,0303	1,0	0,2272	5
50-60	0,0186	0,5	0,1031	2
Total	3,5235	100,0	4,4491	100

Rendimento (kg/ha)	603	-	2.650	-
--------------------	-----	---	-------	---

Fonte: Kluthcouski et al. (1991)

TABELA 17 - Efeito do método de preparo do solo e da rotação de culturas sobre o rendimento do arroz de sequeiro.

Método de preparo Do solo	Rendimento <sup>1</sup> (kg/ha)	% Relativa
Grade aradora	1.057	100
Aração invertida e arroz em monocultura	2.090	198
Aração invertida e arroz em rotação com leguminosa	3.093	293

<sup>1</sup>Média de três locais (Goiânia/GO, Alvorada/GO e Diamantino/MT) e três anos (1983/84 e 1985/86).

Fonte: Kluthcouski et al. (1991)

## b) Arroz irrigado

O preparo do solo deve ser feito de tal maneira que, na data de semeadura ou transplante, o solo esteja "limpo", os restos culturais decompostos e a área nivelada de modo a evitar acúmulo de água e prejuízo à germinação das sementes, no caso de plantio por sementes.

Nas várzeas de primeiro ano de sistematização, utilizar arado, de preferência, aiveca e, nos anos seguintes, empregar grade aradora, seguida ou não de enxada rotativa, dependendo das condições do solo. Quando o plantio for realizado por mudas ou pré-germinado, pode-se efetuar o preparo do solo com o tabuleiro inundado. Com água, não há risco do trator atolado.

Nesse sistema, a aração a uma profundidade de 15 cm é aceitável, todavia a profundidade de 15 a 25 cm deve ser preferida.

## 11 NUTRIÇÃO MINERAL DO ARROZ

Nutrição pode ser definida como o suprimento e a absorção dos elementos químicos requeridos por um organismo. Nutrientes das plantas são os elementos ou compostos inorgânicos simples indispensáveis ao seu crescimento e que não são sintetizados por elas durante o processo normal de metabolismo.

### Nutrientes ou elementos essenciais

São os nutrientes minerais da planta, com exceção do C, H e O, tidos como orgânicos, sem os quais ela não vive.

Para o arroz, são dezesseis os elementos essenciais: carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), zinco (Zn), ferro (Fe), cobre (Cu), molibdênio (Mo), boro (B) e manganês (Mn). Alguns nutrientes minerais são requeridos em maior quantidade, por isso, são chamados de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S). Os demais (Fe, Mn, Cu, Zn, B e Mo), por serem necessários em menor quantidade, são chamados micronutrientes. Os nutrientes considerados orgânicos (C, H e O) são absorvidos principalmente do ar e da água, enquanto que os minerais são extraídos do solo.

Todos os nutrientes são igualmente importantes para o crescimento da planta e a separação em macro e micronutrientes obedece apenas ao critério quantitativo. Os macronutrientes participam na formação da estrutura da planta, por isso, são necessários em maior quantidade. Os micronutrientes participam principalmente em processos enzimáticos da planta, sendo exigidos, portanto, em menor quantidade.

Outro nutriente que não atende aos critérios de essencialidade, não sendo, portanto, incluído entre os elementos essenciais, mas que é de grande importância para o arroz, é o silício (Si). É absorvido do solo pelo arroz como  $\text{Si(OH)}_4$  em grandes quantidades, normalmente o dobro dos macronutrientes essenciais. Por exemplo, o acúmulo de Si é de cerca de 108% maior em comparação ao N. Em geral, a cultura do arroz, para produzir 5.000 kg/ha, retira do solo 230 a 470 kg/ha de silício.

As funções do Si no crescimento do arroz não são muito claras e, embora os resultados de vários estudos não sejam concordantes, um incremento na absorção desse elemento pelas plantas as protege de infecções por fungos e do ataque de insetos, mantém as folhas eretas, diminui as perdas de água por transpiração, reduz a absorção de ferro e manganês tóxicos e aumenta o poder oxidante das raízes, uma vez que promove a formação de maior número de cavidades aeríferas ou aumenta o seu tamanho dentro da planta de arroz. O arroz deficiente em silício apresenta uma velocidade de transpiração 30% maior que as plantas normais.

### Exigência nutricional

A exigência nutricional do arroz é determinada por vários fatores, tais como: sistema de cultivo, condições climáticas, tipo de solo, cultivar, produtividade esperada e práticas culturais adotadas. Por isso, existe uma diferença muito grande entre os dados de extração de nutrientes pelo arroz, nas diversas partes do Brasil e do mundo.

A extração de nutrientes obedece, em média, às seguintes ordens decrescentes:

- macronutrientes: K, N, Ca, Mg, P e S;
- micronutrientes: Cl, Fe, Mn, B, Zn, Cu e Mo.

Por outro lado, a exportação de nutrientes segue em ordem decrescente:

- macronutrientes: N, P, K, Mg, S e Ca;
- micronutrientes: Cl, Fe, Mn, Zn, Cu, B e Mo.

Para produzir uma tonelada de grãos de arroz é necessário que, na época da colheita, tenham sido acumuladas na parte aérea da planta diferentes quantidades de macro e micronutrientes, dependendo, todavia, da cultivar e do sistema de cultivo. Um exemplo dessas quantidades é apresentado na Tabela 18.

TABELA 18 - Quantidades de macro e micronutrientes, em função de cultivar e sistema de cultivo, necessários para produzir uma tonelada de grãos de arroz.

Nutriente	IAC 47 <sup>a</sup>	IAC 164 <sup>a</sup>	IAC 165 <sup>a</sup>	IR 8 <sup>b</sup>	CICA 8 <sup>b</sup>
		..... kg .....			
N	56 - 86	64	56	19	27
P	10 - 15	10	10	5	4
K	58 - 66	68	52	36	15
Ca	16 - 19	19	19	3	8
Mg	10 - 13	11	10	4	3
S	6 - 20	4	3	2	2
Si	-	-	-	102	63
		..... g .....			
B	43 - 148	83	63	76	-
Cl	395 - 4721	7135	6925	11200	-
Cu	26 - 124	120	88	6	-



Fe	122 - 1132	669	386	551	-
Mn	226 - 348	161	1311	152	-
Mo	10	2	2	-	-
Zn	100 - 151	149	112	40	-

<sup>a</sup>condições de sequeiro<sup>b</sup>condições irrigadas por inundação

Fonte: Malavolta e Fornasieri Filho (1983); Arroz (1985)

### Distribuição dos macronutrientes, do Si e do Zn na parte aérea da planta

A maior parte do nitrogênio e do fósforo absorvidos pela planta é transportada para os grãos, portanto, são removidos pela colheita, exigindo assim maior atenção do agricultor com relação a reposição desses elementos no solo. O potássio, por sua vez, permanece na palha do arroz e muito pouco é exportado pelos grãos. Logo, ele retorna ao solo após a incorporação dos restos culturais ao solo. Os demais macronutrientes (Ca, Mg e S) e o Si tendem também a permanecer em maior quantidade na palha, retornando assim ao solo.

O zinco, que é o micronutriente mais comumente aplicado ao solo, como adubo de plantio de arroz de terras altas, é pouco transportado para os grãos, ou seja, em torno de 25%. Portanto, a maior parte do zinco absorvido pelas plantas retorna ao solo após a colheita.

### Mobilidade dos nutrientes na planta

A mobilidade dos nutrientes na planta e a posição da folha onde se observam sintomas de deficiências estão estreitamente relacionados. Quando se trata de um nutriente com pouca mobilidade, como o cálcio e o ferro, por exemplo, os sintomas normalmente aparecem nas folhas superiores ou mais novas. Por outro lado, quando o elemento é móvel, os sintomas aparecem nas folhas inferiores ou velhas, pelo fato de o nutriente ter sido translocado para as folhas novas ou para o ponto de crescimento. Como exemplos de nutrientes móveis, podem-se citar o nitrogênio, o fósforo, o potássio, o enxofre e o magnésio.

De modo geral, a mobilidade dos nutrientes nas plantas obedece à seguinte ordem decrescente: N, K, P, Cl, S, Mg, Zn, Cu, Mn, Fe, Mo, B e Ca. Especificamente na planta de arroz, a mobilidade dos macronutrientes segue a seguinte seqüência: P > N > S > Mg > K > Ca. Os elementos que são componentes de proteínas têm alta mobilidade e os que são continuamente absorvidos até o final do crescimento têm baixa mobilidade. Por exemplo, o Si, que é continuamente absorvido tem baixa mobilidade.

### Absorção, função e sintoma de deficiência dos nutrientes

#### Nitrogênio

É absorvido do solo na forma de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$ . A absorção é rápida durante os primeiras etapas de desenvolvimento até o final do período vegetativo. Diminui ligeiramente no estágio de máximo perfilhamento e diferenciação floral e volta a ser absorvido com rapidez até o estágio de grão pastoso. Durante a fase vegetativa, o N é importante para aumentar o número de perfilhos e, conseqüentemente, o número de panículas. Na fase reprodutiva aumenta o número de espiguetas por panícula e na fase de maturação é importante para manter as folhas verdes, para o processo de fotossíntese e, conseqüentemente, aumentar a porcentagem de grãos cheios.

O nitrogênio faz parte de vários compostos orgânicos, como proteínas e ácidos nucléicos, da

molécula de clorofila e dos citocromos. Promove o crescimento mais rápido da altura de planta, aumento do tamanho das folhas e grãos, do conteúdo de proteína nos grãos e do sistema radicular.

A deficiência de N no solo é causada por baixo teor de matéria orgânica e perdas por lixiviação, volatilização, desnitrificação e erosão. Na planta, o sintoma de deficiência é caracterizado por amarelecimento das folhas mais velhas e, dependendo da intensidade e da evolução da deficiência, pode atingir toda a planta. As lâminas das folhas inferiores morrem, ficando o tecido com coloração marrom-chocolate. As plantas apresentam-se raquíticas, com fraco perfilhamento e folhas curtas e estreitas.

## Fósforo

A absorção do fósforo ocorre nas formas de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  e  $\text{HPO}_4^{2-}$ . É lenta até quando se inicia o primórdio floral; em seguida é um pouco mais rápida, até pouco depois da floração, quando as necessidades de P pela planta são satisfeitas.

Sua função mais importante está relacionada com o armazenamento e transferência de energia na planta, sob a forma de ATP, necessário à fotossíntese, à respiração, à síntese de proteínas, de aminoácidos, de lipídeos e de amido. A penetração das raízes no solo também exige energia na forma de ATP. Logo, contribui para aumentar o sistema radicular. É importante também para aumentar o número de panículas, o número e peso dos grãos e a resistência a estresses ambientais.

A deficiência de P causa atrofiamento severo nas plantas novas, que exigem alto nível do elemento no solo, reduz o perfilhamento, produz colmos finos, folhas estreitas e curtas, alta porcentagem de grãos chochos e atraso na floração e maturação, alongando o ciclo. Devido à mobilidade do fósforo na planta, os sintomas de deficiência manifestam-se inicialmente nas folhas mais velhas, que apresentam coloração verde-escura ou verde-púrpura. A ponta das folhas toma uma cor de bronze e, à medida que a deficiência avança, as folhas tornam-se amarelo-alaranjadas, depois, amarelo-claras e, finalmente, morrem. As folhas mais novas adquirem uma coloração verde mais escura do que as plantas normais e tomam uma posição mais ereta.

## Potássio

A absorção de potássio pela raiz dá-se como íon  $\text{K}^+$ , sendo conduzido à parte aérea pelo xilema e floema e desloca-se das folhas mais velhas para as mais novas. É absorvido continuamente pela planta até o estágio de grão leitoso, em seguida decai, atingindo seu máximo conteúdo no final do estágio do grão leitoso. A partir daí, a planta não mais requer potássio.

O potássio, apesar de ser exigido em grande quantidade, não participa de nenhum composto na planta. Participa da fotossíntese, da respiração e da síntese da clorofila, além de ter papel fundamental na síntese de amido e de ácidos graxos. Ajuda na regulação osmótica e iônica e funciona como co-fator ou ativador para várias enzimas de carboidratos e do metabolismo de proteínas.

Outras funções importantes do K são: regulador da abertura e fechamento dos estômatos, regulador da turgidez do tecido e confere maior resistência das plantas à seca, acamamento, pragas e doenças. Além do mais, o K contribui para formação, aumento do peso de grãos e para o desenvolvimento do sistema radicular.

A deficiência de potássio no arroz não é tão comum como a de nitrogênio e fósforo. Todavia, em solos muito arenosos, com baixa capacidade de retenção de potássio, poderá ocorrer deficiência. Os sintomas aparecem primeiro como manchas vermelho-acastanhadas ao longo das nervuras das folhas inferiores; posteriormente, as pontas e margens das folhas tornam-se cloróticas e começam a morrer. As folhas superiores apresentam lâminas estreitas e curtas, coloração verde-azulada com manchas vermelho-acastanhadas, eretas e que se enrolam nas horas mais quentes do dia.

Os colmos são curtos e grossos, reduzindo a altura das plantas e o perfilhamento também é menor. Ocorre senescência prematura das folhas, aumento do chochamento de grãos e maior acamamento e susceptibilidade a doenças.

## **Cálcio**

O cálcio é absorvido do solo na forma de  $\text{Ca}^{2+}$ . Ocorre de maneira contínua até o estágio de massa ou grão pastoso; a quantidade absorvida aumenta paralelamente ao incremento da matéria seca.

O cálcio exerce uma função estrutural, fazendo parte da parede celular como pectato de cálcio, dos tecidos condutores e da estrutura de sustentação da planta. Atua como regulador da permeabilidade da membrana citoplasmática; está envolvido na divisão celular, na ativação de várias enzimas, inclusive aquelas relacionadas ao metabolismo do fósforo. É importante também no desenvolvimento do sistema radicular.

Sintomas de deficiência raramente são encontrados em condições de campo, provavelmente por ser pouco exportado e, no caso do arroz irrigado, pelo fato de a água de irrigação conter em torno de 5 ppm de  $\text{Ca}^{2+}$ . Por ser elemento imóvel na planta, os sintomas de deficiência aparecem nas folhas mais novas. As folhas terminais morrem conforme a deficiência se acentua, causando severo atrofiamento das plantas. À medida que a deficiência persiste, as folhas mais velhas desenvolvem uma necrose marrom-avermelhada nas nervuras; as folhas mais novas exibem uma necrose marginal marrom, próximo às pontas. O crescimento da parte aérea e das raízes é muito limitado. A deficiência de cálcio inibe a produção de grãos, a germinação do grão de pólen e o crescimento do tubo polínico.

## **Magnésio**

A absorção de magnésio ocorre na forma de  $\text{Mg}^{2+}$  e, à semelhança do cálcio, é de forma contínua até a maturação, sendo que a quantidade absorvida aumenta de acordo com o aumento da matéria seca.

Entre suas várias funções destacam-se três: ser componente de clorofila, ativador enzimático e carregador de fósforo. Por ser integrante da clorofila, tem grande participação na fotossíntese.

A deficiência de magnésio ainda não foi encontrada no Brasil em condições de campo. Em solução nutritiva, os sintomas manifestam-se primeiro nas folhas mais velhas, por ser elemento móvel na planta. Inicialmente, observa-se uma clorose nas folhas, que evolui para uma necrose internerval marrom-avermelhada nas pontas e margens. Ao persistir a deficiência, surgem estrias esbranquiçadas entre e ao longo das nervuras das folhas. Em condições de deficiência extrema, as folhas enrolam-se para dentro e tombam, semelhante ao sintoma de seca.

## **Enxofre**

As plantas podem absorver o enxofre da atmosfera, todavia, a principal fonte é o solo de onde é extraído como íon sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ). A curva de absorção do enxofre assemelha-se à do cálcio e magnésio; após o florescimento, o enxofre armazenado nas folhas e colmos começa a translocar-se para as panículas.

O enxofre faz parte de alguns aminoácidos (cistina, cisteína e metionina), de todas as proteínas vegetais, da ferredoxina, de glicosídeos, das vitaminas biotina e tiamina ( $\text{B}_1$ ) e da coenzima-A. Funciona como ativador enzimático e, na fotossíntese, participa da síntese da clorofila, da absorção de  $\text{CO}_2$ , da atividade da carboxilase de ribulose e de reações de fosforilação.

Os sintomas de deficiência assemelham-se aos de N. A diferença básica é que a deficiência do enxofre começa nas folhas mais novas e a do N nas mais velhas. O sintoma típico é também o amarelecimento generalizado. Ocorrem também alongamento anormal das raízes, ausência de raízes secundárias e terciárias e, ainda, redução no número de grãos por panícula.

Não é comum a ocorrência de deficiência de enxofre em arroz, provavelmente devido ao emprego de adubos nitrogenados e fosfatados contendo este elemento.

## Zinco

O zinco é absorvido do solo na forma de  $Zn^{2+}$ , a qual é lenta até o perfilhamento ( 7% do total absorvido). A partir daí, aumenta rapidamente, sendo absorvido até o final do ciclo.

Desempenha importante papel, pois é componente essencial de várias enzimas. Deve-se destacar sua participação na rota metabólica do triptófano para o ácido indol acético (AIA), hormônio vegetal promotor do crescimento. O zinco regula a atividade da ribonuclease (RNase); portanto, em caso de deficiência, ocorre hidrólise do RNA. A redução do nível de RNA resulta em diminuição na síntese de proteínas e menor multiplicação celular.

O primeiro sintoma de deficiência de zinco observado em arroz é uma coloração verde esbranquiçada que se desenvolve no tecido, na base da folha de cada lado da nervura central. A lâmina da folha tem um alargamento acentuado na região da clorose. À medida que a folha se torna mais velha, o tecido clorótico adquire coloração ferruginosa. As margens da folha, na área de coloração ferruginosa, são geralmente verdes. As folhas mais novas, em desenvolvimento, têm tecido clorótico branco que, com a progressão da deficiência, tornam-se marrom-ferrugem.

O crescimento da planta é severamente atrofiado, apresentando internódios curtos e folhas muito próximas uma das outras; os perfilhos são frágeis e muitos deles não desenvolvem panículas. As raízes tornam-se fibrosas, sendo afetado seriamente seu crescimento, em comprimento e volume. O florescimento e a maturação são retardados e as panículas poderão apresentar redução no tamanho e grãos mais leves.

A deficiência de zinco é comum no arroz de sequeiro em solo de cerrado, principalmente onde são feitas calagens, elevando muito o pH. Entre os micronutrientes, é a única deficiência controlada rotineiramente pela adubação.

## Ferro

A absorção radicular do ferro se dá na forma de  $Fe^{3+}$  e  $Fe^{2+}$ . A eficiência da absorção está relacionada provavelmente com a capacidade das raízes reduzirem o  $Fe^{3+}$  a  $Fe^{2+}$  que é solúvel.

Entre as diversas funções do ferro, destacam-se a de ativador de enzimas, transporte de elétrons na fotossíntese, formação da clorofila e síntese de proteínas. Participa na composição do citocromo, da ferredoxina e de enzimas ligadas à respiração e outros sistemas de oxidação.

O primeiro sintoma de deficiência pode ser identificado por uma clorose internerval das folhas mais novas. Com o tempo, toda planta torna-se amarelada com aspecto esbranquiçado ou albina.

O arroz irrigado por submersão raramente mostra deficiência de ferro, uma vez que o mesmo se encontra na forma reduzida, que é solúvel e disponível para as plantas. Em condições de sequeiro, a deficiência é mais comum em solos calcários, em solos ácidos com teores elevados de fósforo, cobre, manganês e zinco e em solos bastante arenosos. Portanto, a deficiência ocorre devido a uma diminuição na disponibilidade ou na absorção, não sendo causada por falta propriamente dita.

## Manganês

O manganês é absorvido ativamente pela planta como  $Mn^{2+}$ . A quantidade absorvida é diminuída por altas concentrações de  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$  e  $Na^+$ . Sua função está relacionada a fotossíntese, biosíntese de clorofila, processos de oxi-redução e ativador de várias enzimas, tais como oxidases, peroxidases, desidrogenases, descarboxilases e quinases. Participa também no metabolismo do nitrogênio como ativador da redutase do nitrito e da hidroxilamina.

A deficiência de manganês no arroz não é comum em condições de campo e caracteriza-se por clorose internerval das folhas mais novas. As faixas amarelas vão da ponta para a base e surgem

---

manchas necróticas marrons na lâmina. As folhas recém-emergidas são curtas, estreitas e verde-pálidas. As plantas são menos desenvolvidas e ocorre secamento rápido e precoce das folhas.

### **Cobre**

No solo, o cobre está quase que exclusivamente na forma de cúprica,  $\text{Cu}^{2+}$ , na qual é absorvida pelas plantas. Funciona como ativador de várias enzimas e influencia na síntese de proteínas e na atividade fotossintética.

Em condições de campo, é raro ocorrer deficiência de cobre. Entretanto, os altos níveis de P, N e Zn no solo podem induzir a sua deficiência. Sintoma: as folhas mais novas ficam verde-azuladas e depois cloróticas nas pontas. A clorose desenvolve-se do ápice para a base, ao longo da nervura principal de ambos os lados, seguida de necrose marrom-escura das pontas. As folhas enrolam-se, ficando com aparência de agulhas em toda sua extensão ou, ocasionalmente, na metade da folha, com a base final desenvolvendo-se normalmente.

### **Boro**

A absorção de boro do solo ocorre na forma de  $\text{H}_3\text{BO}_3$ . Considera-se que a fonte de boro mais importante para a planta é a matéria orgânica, a qual, por meio da mineralização, libera-o para a solução do solo.

Dentre as funções do boro podem-se destacar: formação da parede celular, divisão celular, aumento no tamanho das células, transporte de carboidratos das folhas para outros órgãos, síntese de auxinas, regulador da formação de ácidos fenólicos, formação de RNA e para germinação do grão de pólen e crescimento do tubo polínico. Logo, tem grande importância na fase reprodutiva do arroz. É um regulador de funções fisiológicas, tais como metabolismo de N e de Ca e na absorção de nutrientes.

A deficiência de boro no arroz ainda não foi registrada no Brasil em condições de campo. Pode ser esperada, porém, em solos de baixo teor de matéria orgânica, falta de chuvas e calagem excessiva, que reduzem a sua disponibilidade. Alguns sintomas de deficiência são: redução da altura da planta; folhas mais novas curtas e estreitas, o ápice das folhas novas torna-se esbranquiçado e enrolado, como no caso da deficiência de cálcio; o ponto de crescimento pode morrer em deficiências severas, mas novos perfilhos continuam a ser produzidos e não há produção de grãos ou essa é baixa.

### **Cloro**

O cloro é absorvido pelas raízes (e pelas folhas) como  $\text{Cl}^-$ . Sua função está relacionada à fotólise da água, ou seja, para a operação do fotossistema II; estimula o transporte de elétrons que vão efetuar a redução de oxidantes deletérios produzidos fotoquimicamente.

Dos micronutrientes é o elemento mais exigido pelas plantas. Todavia, não se tem observado deficiência em condições de campo, uma vez que é fornecido pela água de irrigação, água das chuvas e pela adubação com KCl. O vento traz do mar para a terra o chamado “sal cíclico”, NaCl, em proporções da ordem de 10 kg de  $\text{Cl}^-$  por hectare por ano.

Sob condições controladas, os sintomas de deficiência manifestam-se do seguinte modo: folhas mais novas inicialmente verde-escuras que, posteriormente, evoluem para necrose cinza-escuro em seus ápices, que se propaga pelas bordas, atingindo toda área foliar. Ocorre ainda paralisação do crescimento, clorose e, posteriormente, necrose geral. Verificam-se também um murchamento e bronzeamento da lâmina das folhas mais novas.

---

## Molibdênio

O molibdênio é o menos abundante dos micronutrientes no solo e o menos exigido pelas culturas. A absorção do solo é predominante como  $\text{MoO}_4^{2-}$ .

Sua função está restrita basicamente a participação na estrutura de duas enzimas muito importantes: a redutase do nitrato e a nitrogenase. Portanto, a deficiência de Mo reduz a atividade da redutase do nitrato, podendo ocorrer acúmulo de  $\text{NO}_3^-$  no tecido das plantas.

As exigências do Mo por plantas do arroz irrigado por inundação são pequenas, uma vez que o nitrogênio é absorvido predominantemente na forma de  $\text{NH}_4^+$ , não necessitando, portanto, de ser reduzido na planta. É importante para o arroz de terras altas, pelo fato de a planta absorver nitrato, predominantemente. Logo, sua redução ocorre por conta da redutase do nitrato que possui Mo na sua composição. Deve-se acrescentar também que a inundação do solo, no caso do arroz irrigado, por promover a elevação do pH, aumenta a disponibilidade do Mo.

No arroz, ainda não se observaram sintomas de deficiência, sob condições de campo. Em solução nutritiva, a deficiência caracteriza-se por um amarelecimento das folhas mais velhas, da ponta para a base, folhas tortas e verde pálidas, perfilhamento reduzido e maior porcentagem de grãos chochos.

## Correção das deficiências nutricionais

O primeiro passo para correção das deficiências nutricionais é a identificação delas, determinando-se quais nutrientes são mais deficientes ou que possam estar limitando a produção. A seguir efetuar-se a correção. A deficiência pode ser corrigida por meio da aplicação de fertilizantes no solo ou via foliar.

**Macronutrientes:** esses elementos, por serem exigidos em grandes quantidades, geralmente são aplicados ao solo. O P e o K devem ser aplicados na época do plantio, enquanto que o N é colocado, uma parte no plantio e outra em cobertura. O Ca e o Mg são fornecidos por meio da calagem e o S, de modo geral, como componente de alguns fertilizantes fosfatados e nitrogenados. As recomendações de adubação de N, P, e K para a cultura do arroz são apresentadas em outro capítulo.

**Micronutrientes:** a correção da deficiência desses elementos pode ser feita por meio de aplicação ao solo e, por serem exigidos em pequenas quantidades, também por via foliar. Todavia, quando a causa da deficiência for pH alto (acima de 6,0), a aplicação de micronutrientes no solo, sobretudo Zn e Fe, pode não corrigir a deficiência, por se tratar, neste caso, de um problema de disponibilidade e não de falta propriamente dita do elemento no solo. Para este caso, a aplicação foliar é mais recomendada.

Na Tabela 19, são apresentadas as principais fontes de micronutrientes e as quantidades equivalentes para aplicação no solo e por via foliar:

TABELA 19 - Quantidades de micronutrientes para aplicações no solo e por via foliar.

Nutriente	Fertilizante, fórmula e teor do nutriente	Aplicação no solo ( kg/ha )	Aplicação foliar (kg/500l de água)
Boro	Bórax	10 – 15	1 – 2
Cobre	( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ – 10,6% B ) Sulfato de cobre	20 – 25	1 – 2

Ferro	( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ – 26% Cu ) Sulfato ferroso	—	8 – 10
Manganês	( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 20% Fe ) Sulfato de manganês	15	1 – 2
Molibdênio	( $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ – 27% Mn) Molibdato de amônio	0,5 – 1	0,25 – 0,5
Zinco	( $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ – 54% Mo ) Sulfato de zinco	20 – 30	1 – 2,5
	( $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 23% Zn )		

Fonte: Fageria (1999)

### Elementos tóxicos para o arroz

Desordens nutricionais em plantas de arroz são causadas pelos efeitos tóxicos de alguns elementos, como o alumínio, ferro e manganês. Além desses elementos, observa-se também toxidez por sulfeto de hidrogênio, ácidos orgânicos e salinidade. Toxidez por alumínio e ferro para o arroz são descritos a seguir.

#### Alumínio

Toxidez de alumínio é, algumas vezes, um problema do arroz cultivado em condições de terras altas sobre solos ácidos. Portanto, é um importante fator limitante do crescimento nos cerrados do Brasil. Em torno de 70% do arroz de sequeiro ou de terras altas produzidos no Brasil são provenientes das regiões centrais, envolvendo grandes partes dos Estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. A toxidez de alumínio é fator importante porque limita a produção de arroz nestas regiões, apesar de o arroz ser, entre as principais espécies cultivadas, uma das mais tolerantes.

O valor mínimo de pH do solo em que não se encontra alumínio trocável é de pH= 5,67. A toxidez de alumínio é particularmente severa em pH abaixo de 5,0, mas pode ocorrer em solos com pH de até 5,5. A solubilidade do alumínio e seu grau de toxidez para as plantas são influenciados pelos vários fatores do solo, como pH, minerais argilosos predominantes, nível de matéria orgânica, concentração de outros cátions, ânions e sais totais.

O excesso de alumínio no substrato inibe a formação normal das raízes, interfere nas reações enzimáticas e sabidamente provoca diminuição na absorção de P, K, Ca e Mg, além do N, S, Zn, Fe, Mn, Cu e B. Interfere ainda na formação da parede celular e nas reações de fosforilação. Assim, para o melhor aproveitamento dos fertilizantes e obtenção de altas produtividades, deve-se neutralizar a ação tóxica do alumínio.

Os sintomas foliares associados à toxidez de alumínio assemelham-se aos de extrema falta de P e os de carência de K. Inicialmente, os sintomas aparecem nas folhas mais velhas, que quando maduras, desenvolvem necrose branca entre as nervuras da face superior, mudando, em seguida, para tecido necrótico marrom-ferrugem, com posterior morte de todo o tecido. As folhas mais velhas morrem da base para a ponta. O desenvolvimento da planta é reduzido, tanto da parte aérea, quanto das raízes, reduzindo a capacidade de absorção de nutrientes e de água, diminuindo, portanto, a tolerância à seca.

Embora o alumínio não esteja incluído entre os elementos essenciais para as plantas, o seu efeito benéfico foi reconhecido, quando usado em pequena quantidade. Estudos mostraram que cultivares do arroz produziram maior peso seco com 10 ppm de Al, quando comparado com zero de Al em todos os estádios. Isto sugere que, para o arroz, uma pequena quantidade de Al é necessária para o

desenvolvimento da planta. Os possíveis mecanismos de efeito benéfico de pequena quantidade de Al ainda não estão bem claros. A explicação pode ser o aumento de solubilidade de ferro e sua disponibilidade pela hidrólise de Al e baixo pH.

## Ferro

Quando um solo é inundado, o teor de oxigênio decresce a zero em poucas horas e, em consequência, os microorganismos aeróbicos entram em latência ou morrem. Os anaeróbicos ou facultativos, multiplicam-se rapidamente e começam o processo de decomposição da matéria orgânica utilizando, em vez do oxigênio, componentes oxidados do solo como aceptores de elétrons. Entre estes componentes, encontram-se os compostos férricos. Assim, o ferro oxidado ( $\text{Fe}^{3+}$ ) é reduzido a  $\text{Fe}^{2+}$ , o qual é solúvel e disponível na solução do solo.

Se o teor de ferro no solo é alto, a quantidade de  $\text{Fe}^{2+}$  pode aumentar excessivamente e causar toxidez às plantas. Os distúrbios na planta podem ocorrer tanto por efeito direto como indireto de ferro.

**Efeito direto:** causado pela absorção excessiva do  $\text{Fe}^{2+}$  da solução do solo. As folhas apresentam teores de ferro acima de 300 ppm e o sintoma típico da toxidez é um bronzeamento que, inicialmente, identifica-se por pequenos pontos marrons nas folhas mais velhas, partindo das pontas e progredindo a seguir por toda lâmina foliar. Com o passar do tempo, estas partes secam, dando à planta uma aparência de queima.

**Efeito indireto:** altos teores de ferro na solução do solo são precipitados sobre as raízes, devido a capacidade de oxidação destas, formando uma crosta de óxido férrico, reduzindo a capacidade do sistema radicular de absorver os nutrientes, especialmente P, K, Ca e Mg, de um meio que já pode ser deficiente. O teor de ferro nas folhas permanece abaixo do nível considerado como tóxico (300 ppm) e as plantas tomam uma coloração alaranjada ou amarelada. Tanto o efeito direto, quanto o indireto promovem uma redução no crescimento, no número de perfilhos, no sistema radicular, retarda o florescimento, as panículas ficam pequenas e aumenta a esterilidade das espiguetas. Cabe esclarecer que os dois distúrbios podem ocorrer simultaneamente e, neste caso, as folhas adquirem coloração alaranjada com pontos marrons partindo do ápice.

A severidade das duas formas de toxidez de ferro pode ser reduzida pelo uso de determinadas práticas, como o uso de cultivares tolerantes, calagem (uma das práticas mais eficientes), adubação adequada de macronutrientes, aplicação de matéria orgânica e manejo da água no solo.

## 12 CALAGEM

No Brasil, aproximadamente 70% dos solos cultivados são ácidos e o grande problema é o baixo uso de calcário. Quando a calagem é feita, muitas vezes, é de forma indevida.

Relação calcário/fertilizante:

- 4:1 desejável ou que alguns países usam;
- 1:1 usada no Brasil (é baixíssima).

A correção da acidez do solo tem por objetivo:

a) elevar o pH, aumentando a disponibilidade de vários nutrientes, como: N, P, K, S, Ca, Mg e Mo;

b) neutralização de elementos como  $\text{Al}^{3+}$  e  $\text{Mn}^{2+}$ , que são tóxicos para as plantas quando em quantidades relativamente altas;

---



c) fornecer Ca e Mg às plantas, como nutrientes.

Outros benefícios da calagem:

- diminuir a adsorção ou "fixação" de P pelo solo;
- aumentar a CTC do solo;
- aumentar a decomposição da matéria orgânica (atividade microbiana);
- melhorar o meio para as bactérias fixadoras do N do ar;
- neutralizar ácidos orgânicos tóxicos;
- diminuir a solubilidade de  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Mn}^{2+}$  (para o arroz irrigado por inundação).

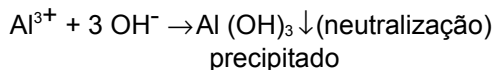
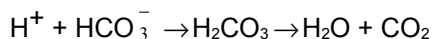
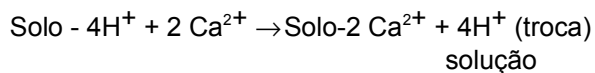
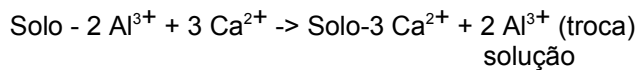
Por outro lado, a elevação acentuada do pH causa diminuição da disponibilidade de Fe, Mn, Cu, Zn e B.

Em arroz de sequeiro, embora não se possa negar a importância da calagem, o assunto é controverso, tendo em vista os resultados nem sempre coerentes observados nos trabalhos experimentais.

Em arroz irrigado, ocorre elevação natural do pH, devido à inundação do solo, inibindo com isso a ação do  $\text{Al}^{3+}$ . Entretanto, em alguns casos tem havido resposta do arroz à calagem, principalmente em solos de extrema acidez e com baixos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ .

No Brasil, apenas 50% dos trabalhos com arroz mostram respostas significativas à aplicação de calcário. Os resultados de outros países mostram resposta positiva do arroz à calagem, sendo que em 67% dos casos recomendam-se 2 t/ha de calcário.

**Comportamento do calcário no solo:** as reações que ocorrem ao adicionar-se calcário a um solo ácido são as seguintes:



Reação resumida:



Características dos materiais corretivos:

- óxidos básicos: CaO, MgO;
- hidróxidos:  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ;
- sais de reação básica:  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$  - são os calcários (rochas moídas).

Tipos de calcário (diferenciam-se pelos teores de CaO e MgO):

- calcário calcítico	< 5% MgO	40-45% CaO;
- calcário magnesiano	5-12% MgO	31-40% CaO;
- calcário dolomítico	> 12% MgO	25-30% CaO.

Deve-se usar calcário dolomítico quando  $Mg^{2+} < 0,5 \text{ cmol}_e/dm^3$

Observação: atentar para a relação Ca/Mg  $\approx 4:1$

- Gramíneas - 4 a 6:1
- Leguminosas - essa relação é menos importante

### **Época e modo de aplicação**

#### **a) Arroz de sequeiro**

Em áreas novas, a aplicação deverá ser feita logo após a retirada ou enleiramento da vegetação, em única aplicação e com um mínimo de dois meses de antecedência à semeadura. Novas aplicações devem ser feitas quatro a cinco anos depois, com o objetivo de manter o pH desejado e devolver ao solo o  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  perdidos por lixiviação, erosão e remoção pelas plantas.

A aplicação deve ser uniforme e o calcário incorporado o mais profundo possível, de forma a neutralizar o  $Al^{3+}$  e o  $Mn^{2+}$  na camada subsuperficial do solo. Incorporação pouco profunda do calcário propicia a correção de apenas uma pequena camada do solo. Quando as raízes da planta atingem a camada não corrigida do solo, tendem a desenvolverem-se horizontalmente, explorando um volume de solo muito menor do que o normal e expondo as plantas a veranicos.

Além do mais, o  $Ca^{2+}$  é o elemento estimulante ao desenvolvimento das raízes. Logo sua presença nas camadas mais profundas proporcionaria um maior desenvolvimento radicular, conferindo às plantas maior resistência a veranicos.

#### **b) Arroz irrigado**

É provável que o efeito do calcário se deva à correção da acidez do solo no período anterior à inundação, da emergência até o perfilhamento médio, visto ser um período de alta exigência nutritiva. Alguns autores recomendam que, nas lavouras em que a irrigação é iniciada tardiamente, ou seja, após 30 dias da semeadura, deve-se aplicar calcário de acordo com a análise de solo.

No Rio Grande do Sul, recomenda-se que o calcário dolomítico, de preferência, seja aplicado uniformemente e incorporado por meio de gradagem, com antecedência mínima de 60 dias à semeadura.

Em outras regiões, como o Baixo São Francisco, recomenda-se incorporar o calcário com aração e gradagem, o mais profunda possível, de preferência a uns 30 cm de profundidade.

A calagem em arroz irrigado é importante, sobretudo em áreas com problemas de toxidez de ferro ou quando, devido a cortes profundos durante a sistematização, ocorrerem altos teores de alumínio.

### **Determinação da quantidade de calcário**

No Brasil, existem atualmente três métodos para recomendar calcário:

#### **a) Método SMP (de Shoemaker, McClean e Pratt)**

Baseia-se no uso de uma solução tamponada com pH conhecido (7,5). Ao se misturar o solo com a solução, há uma depressão do pH original causada pela acidez do solo e que indica a necessidade de calagem. É necessário que se tenha a tabela previamente calibrada com a necessidade de calcário para atingir um determinado pH, geralmente 6,0 a 6,5. As recomendações por esse método resultam em doses elevadas e têm tido boa aceitação na região sul do Brasil (RS e SC), provavelmente pelos solos apresentarem maior CTC e maiores teores de  $\text{Al}^{3+}$  trocável. É muito utilizado também nos Estados Unidos.

### **b) Método da neutralização do $\text{Al}^{3+}$ e da elevação dos teores de $\text{Ca}^{2+}$ e $\text{Mg}^{2+}$**

O método da neutralização do  $\text{Al}^{3+}$  e da elevação dos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  baseia-se na susceptibilidade ou tolerância da cultura à elevada acidez trocável (considerando a máxima saturação por Al tolerada pela cultura ( $m_t$ )) e a capacidade tampão do solo (Y) e, por outro lado, quando se quer elevar a disponibilidade de Ca e Mg, de acordo com as exigências das culturas nestes nutrientes.

A necessidade de calagem (NC, em t/ha) é assim calculada:

$$\text{NC (t/ha)} = Y [ \text{Al}^{3+} - (m_t \cdot t/100) ] + [ X - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) ], \quad \text{em que:}$$

Y = 0 a 1: para solos arenosos (< 15% de argila)

1 a 2: para solos de textura média (15% a 35% de argila)

2 a 3: para solos argilosos (35% a 60% de argila)

3 a 4: para solos muito argilosos (60% a 100% de argila)

Estes valores de Y estratificados em relação aos teores de argila podem ser estimados de forma contínua pela equação:

$$y = 0,0302 + 0,06532\text{Arg} - 0,000257\text{Arg}^2 ; \quad R^2 = 0,9996$$

$\text{Al}^{3+}$  = acidez trocável, em  $\text{cmol}/\text{dm}^3$

$m_t$  = máxima saturação por  $\text{Al}^{3+}$ , tolerada pela cultura, em %. No caso do arroz  $m_t = 25$ .

t = CTC efetiva, em  $\text{cmol}/\text{dm}^3$  ( $t = \text{SB} + \text{Al} = \text{Ca} + \text{Mg} + \text{K} + \text{Na} + \text{Al}$ )

X = requerimento de Ca e Mg pelas culturas, em  $\text{cmol}/\text{dm}^3$  (para o arroz=2)

Para a cultura do arroz, a expressão fica assim resumida:

$$\text{NC (t/ha)} = Y [ \text{Al}^{3+} - (25 \cdot t/100) ] + [ 2 - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) ],$$

Caso algum dos membros da expressão seja negativo, considerar seu valor igual a zero.

### **c) Método da saturação por bases**

É baseado na elevação de saturação por bases (V%) da CTC a pH 7. No caso do arroz, o valor de V% mais adequado está situado entre 40 e 50%.

A necessidade de calcário é calculada pela seguinte expressão:

$$\text{NC (t/ha)} = \frac{(V_2 - V_1) T}{100} \times \frac{100}{\text{PRNT}} = \frac{(V_2 - V_1) T}{\text{PRNT}} \quad \text{em que:}$$

$V_2$  = % de saturação por bases desejada (40% a 50% em arroz, dependendo do sistema de cultivo, ou seja, sequeiro ou irrigado por inundação).

$V_1$  = % de saturação por bases revelada na análise =  $100 \cdot \text{SB}/T$  %

$$SB = Ca + Mg + K + Na, \text{ em cmol}_e/\text{dm}^3$$

$$T = CTC \text{ a pH7} = SB + (H + Al) = Ca + Mg + K + Na + H + Al, \text{ em cmol}_e/\text{dm}^3$$

Segundo o Manual de Recomendações para Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais (5ª aproximação), utilizar as seguintes quantidades de calcário:

### c.1) Quantidade para o arroz de sequeiro

Aplicar a quantidade de corretivo recomendada pelo critério do  $Al^{3+}$  e do  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ , levando em consideração o valor de  $Y$ ,  $X = 2$  e  $m_t = 25\%$ . No caso de se utilizar o critério da saturação por bases, recomenda-se a elevação desta para cerca de 40%.

Se for conduzida outra cultura após a do arroz, a calagem poderá ser feita utilizando-se a quantidade total recomendada para a nova cultura.

### c.2) Quantidade para o arroz irrigado

No sistema de cultivo sob inundação com sementes pré-germinadas, o fenômeno da “autocalagem” pode dispensar a aplicação do calcário, desde que a saturação por bases seja de, no mínimo, 50%.

No entanto, quando o arroz é semeado em solo seco e a inundação iniciada cerca de 30 dias após a emergência, a correção da acidez pela inundação ocorrerá próxima ao fim da fase vegetativa, período compreendido entre a emergência e o início da diferenciação floral. Essa fase tem duração de 50 a 70 dias após a emergência. Nesse período, a planta absorve grande parte dos nutrientes. Assim, a calagem, para elevar a saturação por bases a 50%, feita cerca de quatro meses antes da semeadura, corrige a acidez, propiciando melhores condições para o desenvolvimento inicial da cultura.

## 13 ADUBAÇÃO DO ARROZ

O processo geral de fornecimento de nutrientes (M) às plantas ocorre do seguinte modo:

$$M \text{ (fase sólida)} \Leftrightarrow M \text{ (solução)} \Leftrightarrow M \text{ (raiz)} \Leftrightarrow M \text{ (parte aérea)}$$

Pode acontecer que a velocidade de transferência de M da fase sólida para a solução seja menor que a velocidade de transferência de M da solução para a planta. Quando isso ocorre, é necessário que se proceda a uma adubação.

As quantidades de nutrientes extraídas do solo pelo arroz são altas. Mesmo os solos mais férteis não podem, por muito tempo, fornecer a quantidade suficiente de nutrientes para atender as exigências do arroz e manter altas produtividades. Daí a necessidade de suprir o solo com nutrientes.

Os adubos adicionados ao solo não são totalmente aproveitados pelas plantas. Ou seja, a eficiência da adubação depende de vários fatores tais como tipo de solo, cultivar, fontes, doses, época e modo de aplicação dos fertilizantes, radiação solar, práticas culturais, enfim todos os fatores que afetam o desenvolvimento da planta. Vários experimentos de resposta a NPK mostraram que o coeficiente de utilização desses nutrientes raramente ultrapassa 20% a 40% para o N, 10% para o P e 50% a 60% para o K. Isso mostra a complexidade de recomendação da dosagem correta da adubação.

### Arroz de sequeiro

Por ser uma exploração de alto risco, os agricultores têm evitado utilizar dosagens mais pesadas de fertilizantes. Em consequência, as produtividades são baixas e o retorno econômico é duvidoso. A baixa rentabilidade da cultura do arroz de sequeiro tem levado os produtores a utilizarem baixa tecnologia, com destaque para o uso reduzido de adubos. Essa situação é agravada ainda mais pela menor eficiência das cultivares de arroz de sequeiro do tipo tradicional, que são de porte alto, susceptíveis ao acamamento, pouco responsivas à melhoria de ambiente e de limitado potencial de rendimento de grãos.

Acresce-se ainda que, em condições de sequeiro, a aplicação de doses relativamente altas de fertilizantes geralmente aumenta o crescimento vegetativo e o índice de área foliar, ocasionando aumento do consumo de água. Assim, com deficiência hídrica, os efeitos da seca e da brusone são agravados, o que poderá contribuir ainda mais para a queda na produção de grãos.

Antes da tomada da decisão final sobre as quantidades de fertilizantes a serem empregadas, deve-se considerar a experiência do técnico que atua na região, o histórico da área a ser trabalhada, o tipo de cultivar, a disponibilidade de capital do agricultor, o nível de produtividade esperado, a relação entre custo do fertilizante/valor do produto colhido. Hoje, estão disponíveis no mercado um grande número de cultivares do tipo moderno, de porte intermediário, resistente ao acamamento e que respondem a altas tecnologias, sobretudo à aplicação de fertilizantes.

As recomendações de adubação em geral são feitas em função da análise de solo e variam de estado para estado.

Em Minas Gerais, a recomendação, segundo o Manual de Recomendações para o Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação (Comissão ..., 1999), é mostrada na Tabela 20.

TABELA 20 - Quantidade de NPK (kg/ha) recomendada para o arroz de sequeiro no estado de Minas Gerais.

N (plantio)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			K <sub>2</sub> O			N (cobertura)
	Teor de P no solo			Teor de K no solo			
	B	M	A	B	M	A	
10-12	75	50	25	70	45	20	40-48

B - baixo; M - médio; A - bom

#### Observações:

- “O N em cobertura deve ser aplicado por ocasião da diferenciação do primórdio floral, que ocorre entre 40 e 50 dias após a emergência das plântulas dependendo da cultivar; todavia se o arroz for cultivado após a soja, ou se constituir num cultivo de primeiro ano, reduzir a quantidade.

- As quantidades de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> recomendadas são válidas para aplicações localizadas de fertilizantes solúveis em água.

- Constatando deficiência de zinco, bastante comum em áreas de cerrado, aplicar 2 a 4 kg/ha de Zn.

- Em solos com baixos teores de matéria orgânica, ou com uso generalizado de fórmulas

concentradas, sugere-se o uso de enxofre, aplicando-se 20-30 kg/ha”.

Adubação corretiva: em solos de cerrado, aplicar no primeiro ano de cultivo adubação fosfatada corretiva com 240 kg/ha de  $P_2O_5$  em solos argilosos, 150 kg/ha de  $P_2O_5$  em solos de textura média e 120 kg/ha de  $P_2O_5$  em solos arenosos. A adubação corretiva não dispensa a adubação de manutenção e pode ser feita de uma única vez no primeiro ano ou parcelada em dois ou três anos.

Quando conduzida em solos férteis, corrigidos e sem impedimento ao crescimento das raízes, é comum o arroz não responder à aplicação de fertilizantes e ao preparo profundo do solo, principalmente quando cultivado após a soja. Contudo, recomenda-se uma adubação mínima de manutenção, garantindo a reposição dos nutrientes exportados. Para o arroz de terras altas, são exportados por tonelada de grãos produzidos aproximadamente 15 kg de nitrogênio, 2,5 kg de fósforo e 3 kg de potássio.

#### Fontes de adubo:

**N** – Embora a literatura mencione que não há preferência pelas formas nítrica ou amoniacal, o arroz de terras altas tem preferência, no primeiro mês de vida, pela forma amoniacal; isso porque nesse período a planta não produz a enzima redutase do nitrato essencial na redução do nitrato a formas amoniacais dentro da planta. Decorrido esse período inicial, não há diferença em se utilizar formas amoniacais ou de nitrato. Portanto, no plantio, utilizar N amoniacal e em cobertura não há preferência.

**P** - Superfosfato triplo, simples, MAP (fosfato monoamônico), DAP (fosfato diamônico), etc.

**K** - KCl (95%) e  $K_2SO_4$ .

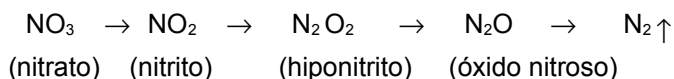
#### Arroz irrigado

Ao contrário do arroz de sequeiro, no sistema irrigado utilizam-se cultivares modernas, de porte baixo, resistentes ao acamamento, responsivas à melhoria de ambiente e de alto potencial de produção de grãos.

Outra diferença básica são as condições de solo que sofrem alterações profundas com a inundação dos tabuleiros, desencadeando uma série de modificações físicas, microbiológicas e químicas que afetam a absorção de nutrientes, bem como a disponibilidade e a perda de nutrientes no solo.

Após o alagamento do solo, a disponibilidade de  $O_2$  na camada reduzida (15 a 20 cm) baixa a zero em algumas horas, pois a água, ao ocupar todo o espaço poroso do solo, expulsa o ar ali existente e os microrganismos aeróbicos consomem o pouco  $O_2$  que tenha permanecido no solo (Figura 9). Ao esgotar-se o  $O_2$  livre, a vida microbiana aeróbica torna-se latente e começa a aumentar a população anaeróbica rapidamente. Os microrganismos anaeróbicos decompõem a matéria orgânica do solo, utilizando substância oxidadas do solo como aceptores de elétrons para sua respiração. Os principais compostos que sofrem redução, como consequência da respiração anaeróbica, são em ordem de ataque pelos microrganismos, os nitratos ( $NO_3^{3-}$ ), os óxidos mangânicos ( $MnO_2$ ) e férricos ( $Fe_2O_3$ ) e os sulfatos ( $SO_4^{2-}$ ).

Portanto, se há nitrogênio na forma nítrica, ele é perdido na camada redutora pelo processo de desnitrificação, como segue:



Ao contrário do nitrato, o amônio ( $NH_4^+$ ) permanece estável e disponível para o arroz, na

camada redutora. Ademais, o íon  $\text{NH}_4^+$ , dada a sua carga positiva, apresenta menor possibilidade de lixiviação. O perfil de um solo alagado e a dinâmica do nitrogênio são mostrados na Figura 10.

Destes processos resultam no solo algumas mudanças eletroquímicas, sendo que a mais importante é a alteração do pH (as outras são: diminuição do potencial redox e aumento da condutividade elétrica).

O pH do solo geralmente é modificado após a inundação, verificando-se aumentos em solos ácidos e uma diminuição em solos alcalinos, atingindo valores estáveis entre 6,5 e 7,0, três semanas após o início do alagamento (Figura 11).

Em solos ácidos, o pH aumenta devido à redução dos compostos oxidados, principalmente óxidos de ferro, que envolvem grande consumo do íon  $\text{H}^+$ . Nos solos alcalinos, o pH diminui devido ao aumento da pressão parcial de  $\text{CO}_2$  e a conseqüente acumulação de ácidos orgânicos e inorgânicos ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ).

As alterações químicas mais importantes que ocorrem num solo inundado são:

- Transformação do nitrogênio: a principal já foi vista (desnitrificação).
- Redução do manganês, do ferro e do sulfato:

O acúmulo do  $\text{Fe}^{2+}$  e do  $\text{Mn}^{2+}$  na solução do solo é importante sob dois aspectos: a) pode atingir teores elevados ao ponto de causar toxidez para o arroz; b) deslocamento de outros cátions ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{NH}_4^+$ ) dos sítios de troca para a solução do solo.

---

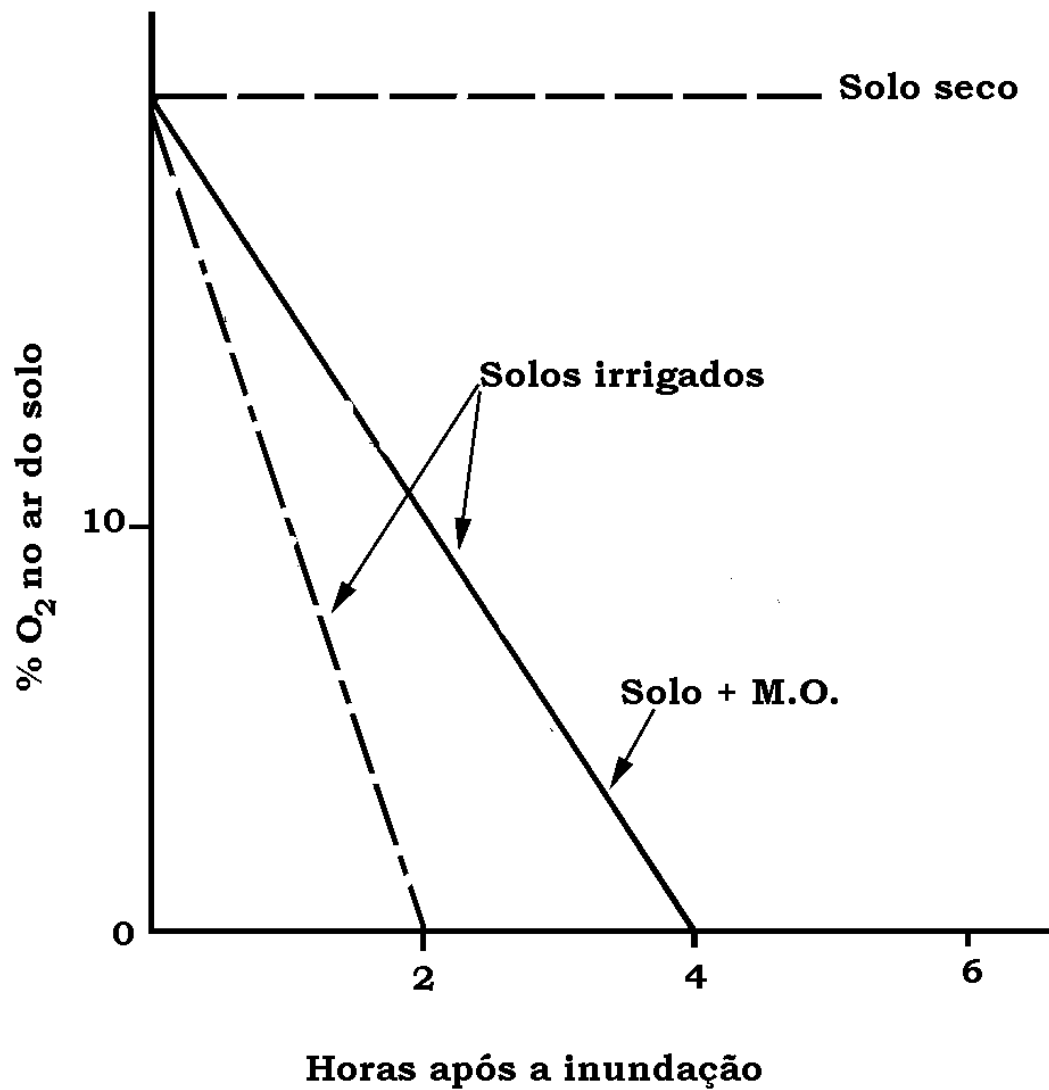
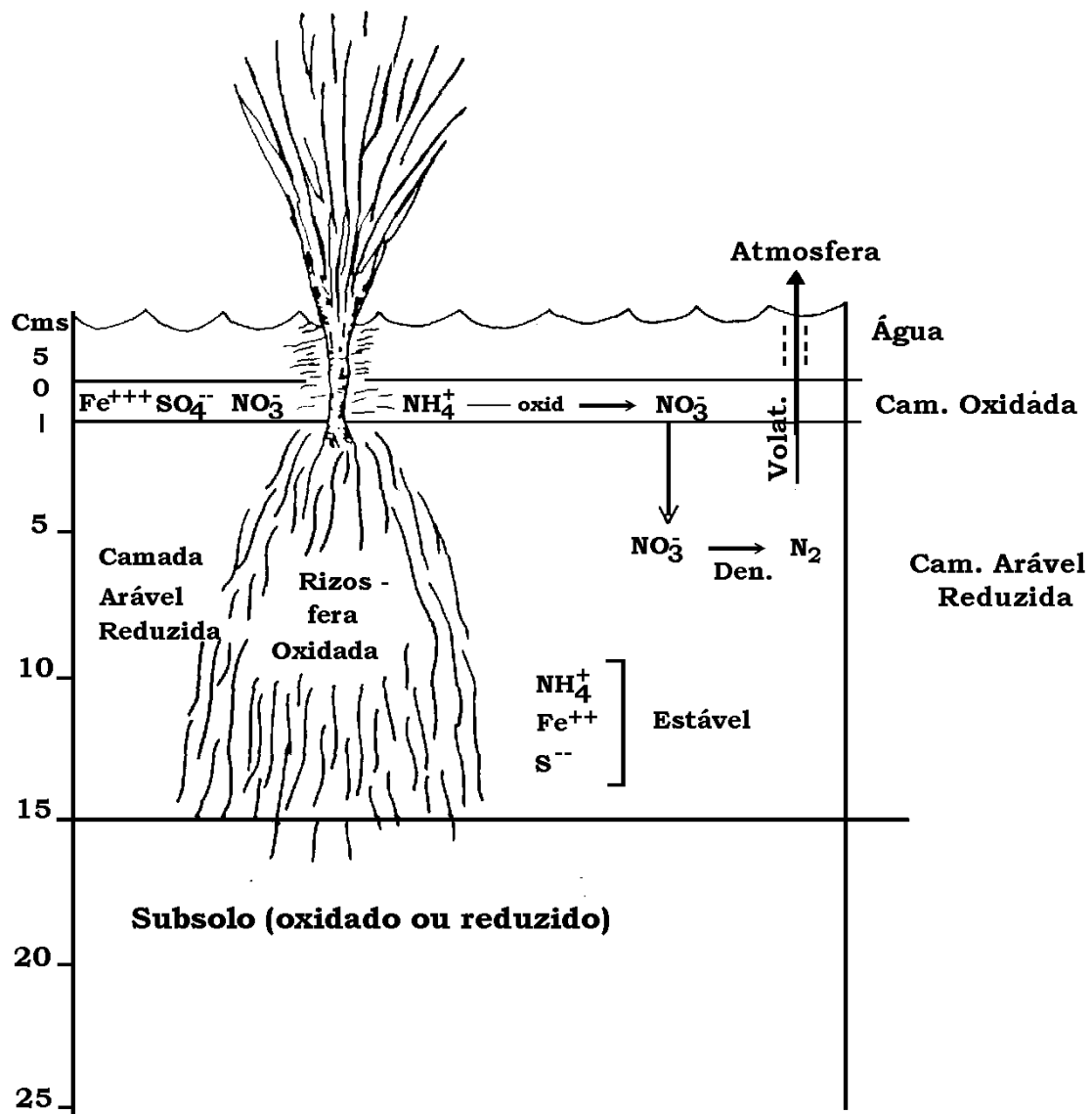


FIGURA 9 - Efeito da inundação sobre a concentração de  $O_2$  livre no ar do solo  
Fonte: Machado (1985)





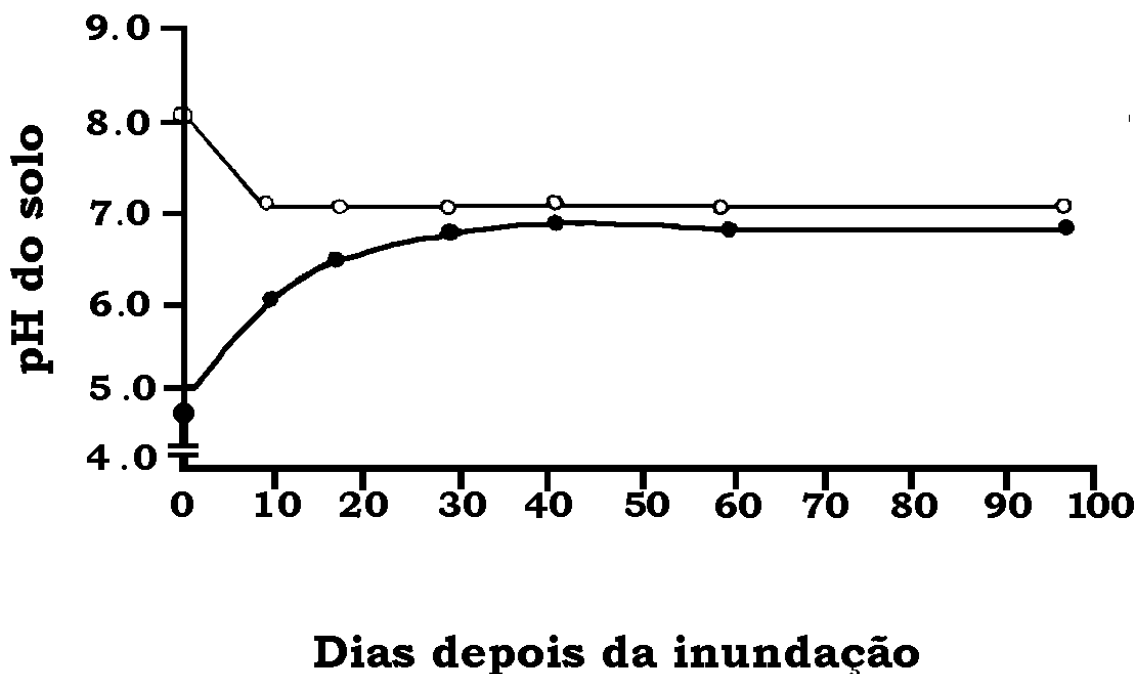


FIGURA 11 - Efeito da inundação sobre o pH do solo  
Fonte: Machado (1985)

Quando o sulfato é reduzido a sulfeto no solo, ocorre a liberação de  $\text{H}_2\text{S}$  que pode alcançar concentrações tóxicas para o arroz (nível crítico = 0,1 ppm). Na maioria dos solos é pouco provável a ocorrência de toxidez de enxofre por causa da presença de  $\text{Fe}^{2+}$  em quantidade suficiente para precipitar o  $\text{S}^{2-}$  ( $\text{FeS}$ ). É raro acontecer, mas o suprimento de enxofre às plantas pode tornar-se insuficiente.

- Aumento da disponibilidade de fósforo e silício:

O teor de fósforo disponível aumenta depois da inundação e isso deve-se aos seguintes fatores: (a) hidrólise de fosfatos de ferro e alumínio; (b) liberação do fósforo adsorvido por intercâmbio aniônico nas argilas e nos hidróxidos de  $\text{Fe}^{3+}$  e  $\text{Al}^{3+}$ ; e (c) redução do  $\text{Fe}^{3+}$  a  $\text{Fe}^{2+}$  com liberação de fósforo adsorvido e fixado pelo  $\text{Fe}^{3+}$ . As reações (a) e (b) ocorrem como consequência do aumento no pH com a inundação.

O aumento da solubilização do fósforo decorrente da inundação permite à cultura do arroz irrigado utilizar mais eficientemente o fósforo natural do solo e, conseqüentemente, minimizar a sua dependência dos fertilizantes fosfatados. Isto explica porque o efeito da adubação fosfatada sobre o rendimento do arroz irrigado não é tão evidente, como acontece com outras culturas.

#### Modos de aplicação do adubo

- **No plantio**

- a) A lança com posterior incorporação**

O nitrogênio aplicado deve ser incorporado ao solo a uma profundidade de 5 a 10 cm, de tal maneira que a maior parte do adubo atinja a camada redutora do solo. Parte do N amoniacal permanece na camada oxidante do solo (até 1 cm de profundidade), podendo ser oxidado à forma nítrica e, conseqüentemente, perdido pela desnitrificação.

- b) Em sulcos**

É um método mais eficiente que o de aplicação a lança, pois, sendo o N aplicado na zona do solo que será reduzida pela submersão, não haverá risco de perdas por desnitrificação.

- **Em cobertura**

Recomendação tradicional - é feita por meio das seguintes modalidades:

- a) A lança, ou em filete entre fileiras, após a retirada da água**

A desvantagem é a necessidade de mais mão-de-obra para tirar e repor a água.

- b) A lança, ou em filete entre fileiras, sobre a lâmina de água**

Deve-se cortar a entrada da água, durante a operação, para evitar perdas de N. Alguns autores consideram essa modalidade ligeiramente mais eficiente que a anterior.

Hoje, trabalhos recentes têm sugerido outra forma de adubação de cobertura, ou seja, deve ser parcelada em duas vezes, sendo que a primeira deve ser efetuada no seco em torno de 15 dias após a emergência das plântulas, seguida da inundação permanente dois a três dias após. A segunda cobertura deve ser realizada no início da diferenciação floral, quando a demanda por N pela planta é maior. Assim, a primeira cobertura estimula o perfilhamento, aumentando o número de panículas por área e a segunda favorece o maior número de grãos por panícula, redundando em aumento de produtividade. A inundação rápida após a primeira cobertura é para evitar a nitrificação do N-amoniacal aplicado e sua respectiva perda por desnitrificação após a inundação. Quanto às fontes de N, o sulfato de amônio e a uréia são as mais vantajosas, não havendo diferença de resposta entre elas.

No Rio Grande do Sul, a principal novidade nas orientações tecnológicas de manejo das lavouras para aumentar a produtividade (Projeto 10 - elevação da produtividade para 10 t/ha) diz respeito a adubação nitrogenada de cobertura. Ou seja, a maior eficiência é quando o N é aplicado no seco, três dias antes de entrar com a irrigação. A proporção é de 2/3 do volume indicado antes de entrar com a água na lavoura e 1/3 antes da diferenciação do primórdio da panícula.

### **Quantidades de adubo a aplicar**

Segundo o Manual de Recomendações para o Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação (Comissão ..., 1999), as quantidades recomendadas de fertilizantes são apresentadas na Tabela 21.

TABELA 21 - Quantidades de NPK (kg/ha) recomendada para o arroz irrigado por inundação no estado

de Minas Gerais.

N (Plantio)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			K <sub>2</sub> O			N (cobertura)
	Teor de P no solo			Teor de K no solo			
	B	M	A	B	M	A	
20	90	60	30	70	45	20	70

B - baixo; M - médio; A - bom

#### Observações:

- "A adubação nitrogenada de cobertura deverá ser feita por ocasião do perfilhamento (metade) e o restante no início da diferenciação do primórdio floral.
- Utilizar fontes de N que não sejam nítricas.
- Para aplicações de fertilizantes a lanço, recomenda-se que as quantidades sejam elevadas em 50%.
- Solos com teor de zinco inferior a 1 mg/dm<sup>3</sup> (Mehlich-1), aplicar 2 a 4 kg/ha de Zn.
- Em solos turfosos ou ricos em matéria orgânica é aconselhável adicionar silício e, nos solos com baixo teor de matéria orgânica ou com uso generalizado de formas concentradas, sugere-se a aplicação de 20 a 30 kg/ha de enxofre".

Fontes de adubo (P e K): as mesmas relatadas para o arroz de sequeiro.

Certamente que a quantidade de N recomendada em cobertura pela 5ª aproximação (70 kg/ha) pode ser alterada dependendo do nível de tecnologia utilizada, da produtividade esperada, da resposta da cultivar e, principalmente, do teor de matéria orgânica do solo. Hoje, tem-se utilizado quantidades superiores a 100 kg/ha de N em cobertura, com retornos altamente econômicos.

Em condições de várzeas irrigadas por inundação contínua, quando o teor de potássio no solo for superior a 50 ppm e o de fósforo a 12 ppm, é comum não ocorrer resposta a adubação com os referidos nutrientes. Contudo, recomenda-se uma adubação mínima de manutenção, garantindo a reposição dos nutrientes exportados. Para o arroz irrigado, são exportados por tonelada de grãos produzidos aproximadamente 11 kg de nitrogênio, 2 kg de fósforo e 3 kg de potássio.

## 14 CULTIVARES RECOMENDADAS PARA MINAS GERAIS

Até meados da década de 1970, o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) era praticamente a única instituição de pesquisa do Brasil que desenvolvia um programa arrojado de melhoramento de arroz de sequeiro, utilizando como fonte de variabilidade a hibridação. Para o arroz irrigado, além do IAC, o Instituto Riograndense do Arroz (IRGA) também possuía um programa de melhoramento genético bem estruturado. Todavia, as cultivares obtidas eram voltadas mais para a região do Rio Grande do Sul.

Para as regiões sudeste e centro-oeste do país, o IAC detinha a hegemonia no tocante a lançamento e adoção de cultivares. Minas Gerais não foi diferente e praticamente todas as cultivares aqui recomendadas eram desenvolvidas pelo IAC. Entre as principais podem-se destacar:

- Para o sequeiro: pratão precoce, IAC 1246, IAC 25, IAC 47, 164 e 165;
- Irrigado por inundação: IAC 435 e IAC 120;
- Várzea úmida (brejo): IAC 435 e IAC 1246.

Essas cultivares caracterizavam-se pela susceptibilidade à brusone, porte alto, vulnerabilidade ao tombamento, baixa qualidade de grãos e baixo potencial de produção de grãos, sobretudo nas condições irrigadas por inundação.

Na década de 1970, foram criados a Embrapa Arroz e Feijão e diversas instituições estaduais de pesquisa, as quais deram um novo direcionamento ao melhoramento do arroz no Brasil. Promoveram um intenso trabalho de coleta, aumento de introduções de instituições internacionais e estabeleceu-se um amplo programa de hibridação. Como resultado desse trabalho integrado e cooperativo destacam-se a obtenção e o lançamento de um grande número de cultivares modernas (mais de 100 até 2004), que muito têm contribuído para a orizicultura brasileira.

Hoje, praticamente todas cultivares de arroz recomendadas para Minas Gerais são oriundas dessa nova fase do melhoramento.

As principais cultivares de arroz recomendadas atualmente para o estado de Minas Gerais e registradas no Serviço Nacional Nacional de Cultivares (SNPC) são:

#### **Para as condições de sequeiro:**

- **Guarani**

Lançada em 1987, é originária do cruzamento realizado em 1977 entre a IAC 25 e a linhagem africana 63-83, no qual se combinaram as características de precocidade, adaptabilidade e qualidade de grãos da cultivar brasileira com a boa resistência à seca e resistência à brusone do genótipo africano. Possui ciclo curto, podendo ser colhida aos 105 a 120 dias de idade. Destaca-se pela boa resistência à brusone e à mancha de grãos e pela boa qualidade de panela. Seus grãos pertencem à classe longo e são bastante largos, o que prejudica sua qualidade comercial. Quanto ao rendimento de grãos, mostrou ser 26% mais produtiva que a IAC 164 ou IAC 165 na época de seu lançamento e, em solos sob cerrado, onde há maior incidência de brusone, a guarani superou a IAC 164 em 43%. Sua produção média de grãos é de 2.400 kg/ha, todavia, não raramente, ultrapassa 4 t/ha. Ainda, hoje, é bastante plantada no estado.

- **Caiapó**

Foi obtida do cruzamento múltiplo realizado em 1982, pela Embrapa Arroz e Feijão, entre os seguintes materiais: IRAT 13/Beira Campo//CNAx 104-B-18P<sub>Y</sub>-2B/Pérola. Seu lançamento se deu em 1992. Possui ciclo médio (130 a 140 dias) e mostrou ser 7% mais produtiva que a Rio Paranaíba. Apresenta resistência moderada à brusone da folha e do pescoço. Destaca-se pelo alto rendimento de grãos inteiros no beneficiamento e pela qualidade física e química de seus grãos, ou seja, os grãos têm conformação física próxima do agulhinha e boa qualidade de panela, para os padrões do arroz de sequeiro, ficando "soltos" após o cozimento. Juntamente com a Guarani é uma das mais plantadas no estado.

- **Canastra**

Originou-se do seguinte cruzamento realizado pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT): TOx 939-107-2-101-1B/ (Colômbia 1 x M 312 A)// TOx 1780-2-1-1P-4. Foi lançada em

Minas Gerais em 1996 para plantio em condições de sequeiro tradicional e sob pivô central. Possui ciclo médio (130 a 140 dias), porte ligeiramente baixo (média de 86 cm), resistência ao acamamento e à brusone, "qualidade de panela" regular e tem alto potencial de produção de grãos. Seus grãos se enquadram na classe longo fino (agulhinha), sendo juntamente com a Confiança as primeiras cultivares de arroz de sequeiro lançadas em Minas Gerais, que apresentam grãos agulhinha.

- **Confiança**

Foi obtida do cruzamento entre a IAC 164/Rio Verde, realizado pela Embrapa Arroz e Feijão em 1986. Seu lançamento em Minas Gerais ocorreu também em 1996, sendo recomendada para plantio em condições de sequeiro tradicional e sob pivô central. O ciclo é um pouco mais longo do que o da Canastra, oscilando entre 135 a 145 dias. Possui porte médio (89 cm), resistência ao acamamento e à brusone e seu potencial de produção de grãos é inferior ao da Canastra. A Confiança destaca-se das demais cultivares de arroz de sequeiro pela sua excepcional "qualidade de panela", comparável até mesmo ao arroz agulhinha produzido no sul do país sob condições irrigadas por inundação. Essa superioridade em qualidade de grãos, que também é agulhinha, proporciona-lhe uma melhor remuneração na comercialização, compensando, assim, sua menor produção de grãos.

- **Primavera**

Obtida do cruzamento IRAT 10 / LS 85-158, realizado pela Embrapa Arroz e Feijão, foi recomendada, a partir de 1997/98, para diversos estados do centro-oeste, norte, nordeste e sudeste. É a primeira cultivar para terras altas de grãos longo- fino e de ciclo curto, sendo que em Minas Gerais tem comportamento semi-precoce (ciclo em torno de 120 dias). Caracteriza-se por possuir grãos muito longos, de alta qualidade culinária; tem limitado rendimento de inteiros no beneficiamento, exigindo que sua colheita seja realizada com a umidade de grãos entre 20% a 24%. Em solos de melhor fertilidade ou com o uso de altas doses de fertilizantes pode acamar com facilidade e, em regiões de alta pressão de brusone, tem-se mostrado susceptível. A Primavera tem manifestado pouca tolerância a alguns herbicidas, dentre eles pode-se citar o 2,4-D e o fenoxaprop-p-ethyl.

- **Carisma**

Foi selecionada do cruzamento realizado em 1989 no Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colômbia, entre as linhagens CT7224-9-1-5-3/CT6196-33-11-1-3//CT6946-2-5-3-3-2-M. Após vários testes de competição de cultivares, foi lançada em 1999, inicialmente, para os estados de Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul para plantio em terras altas (sequeiro tradicional e no sistema irrigado por aspersão). Possui ciclo semiprecoce, ou seja, 120 a 130 dias da semeadura à colheita. Seus grãos são classificados como longo-finos e possuem boa "qualidade de panela"; apresenta boa tolerância ao acamamento, às principais doenças, porte intermediário e alto potencial de produção de grãos. A Carisma tem mostrado também um excelente desempenho no plantio em várzeas úmidas ou drenadas.

- **BRS Colosso**

Obtida pela Embrapa Arroz e Feijão, iniciou-se seus testes de campo em Minas Gerais, a partir de 1998/99 com a denominação de CNAs 8989. Originou-se do cruzamento realizado em 1995 entre a cultivar de origem americana KAYBONNET com a cultivar brasileira AIMORÉ. O tempo entre a realização do cruzamento e a obtenção da linhagem fixada foi rápido em função do método de cultura de anteras utilizado, sendo ela portanto um haploide dobrado. Devido a seu excelente desempenho no campo e às boas características culinárias, foi lançada em 2004 para cultivo nos estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Rondônia, Maranhão, Pará e Piauí. As características em que mais se destaca são: alto potencial produtivo, ciclo semi-precoce, resistência ao acamamento, tolerância à brusone, alto

rendimento de grãos inteiros no beneficiamento e alta qualidade de grãos.

- **BRS Liderança**

A referida cultivar é irmã da BRS Colosso, sendo oriunda, portanto, do mesmo cruzamento, ou seja, KAYBONNET X AIMORÉ. O cruzamento foi realizado em Goiânia também em 1995. O tempo entre a realização do cruzamento e a obtenção da linhagem fixada foi rápido em função do método de cultura de anteras utilizado, sendo ela portanto um haploide dobrado. Sua avaliação em Minas Gerais teve início em 1998/99 e os resultados obtidos permitiram seu lançamento em 2004 para plantio em todo o estado. Esta cultivar foi lançada também para plantio nos estados de Mato Grosso do Sul, Goiás, Mato Grosso, Rondônia, Maranhão, Pará e Piauí. Suas principais características são muito semelhantes às das BRS Colosso, diferenciando desta principalmente no ciclo que é ligeiramente mais longo, mas ainda pode ser considerado semi-precoce.

- **BRSMG Curinga**

A 'Curinga' foi originada inicialmente de uma família selecionada na geração F<sub>3</sub>, pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), na Colômbia, descendente do seguinte cruzamento: CT9978-12-2-2P-4/CT10037-56-4-M-4-1-p-1//P5589-1-1-3P-1-1P/CT9356. Foi introduzida, em 1994, pela Embrapa Arroz e Feijão, a qual continuou o processo de melhoramento em Goiânia. Em 1995/96, a referida família, já na geração F<sub>5</sub>, foi submetida a seleção individual de plantas e, dentre as plantas selecionadas, uma recebeu a denominação CNAs 8812. Em Minas Gerais, essa linhagem foi introduzida em 1997/98, quando passou a ser testada em condições de terras altas e de várzea úmida ou drenada. O excelente desempenho dessa linhagem nas diversas condições edafoclimáticas de Minas Gerais possibilitou o seu lançamento como nova cultivar em 2004, tanto para as condições de sequeiro e irrigado por aspersão, quanto de várzea úmida e/ou drenada. A BRSMG Curinga destaca-se em algumas características como o alto potencial produtivo, resistência ao acamamento, alto perfilhamento, tipo moderno de planta, resistência à brusone da folha e panícula e alta qualidade de grãos. Para as condições de sequeiro, possui uma limitação que é o ciclo médio, aproximadamente 135 dias da semeadura à colheita, expondo-a a maior risco de veranico. Além de Minas Gerais, foi lançada também para os estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Amazonas, Rondônia, Maranhão, Pará e Piauí.

- **BRSMG Conai**

A Conai é oriunda do cruzamento entre as cultivares Confiança e Aimoré, realizado na Embrapa Arroz e Feijão em 1998. Procurou-se com esse cruzamento reunir em uma só cultivar as características de precocidade da Aimoré com a qualidade de grão longo fino da Confiança, o que foi obtido com a Conai. As sementes F<sub>2</sub>'s obtidas foram enviadas a Minas Gerais em novembro de 1999, quando se realizou o primeiro plantio para avanço de geração e seleção. Utilizou-se o método de melhoramento de bulk dentro de família na obtenção da Conai, resultando na seguinte genealogia: CNAx7394-MG-6-B-B-4. A partir do ano agrícola 2001/2002, a Conai integrou a rede de ensaios de competição regional de cultivares (V.C.U's), onde foi submetida a diversas condições edafoclimáticas de Minas Gerais, bem como a pressão das principais enfermidades do arroz. Seu bom desempenho, permitiu o seu lançamento, em 2004, para todas as regiões produtoras de arroz do Estado.

A BRSMG Conai destaca-se pelo vigor inicial e pela sua precocidade, podendo ser colhida aos 100-110 dias após a semeadura, dependendo da região. É uma das cultivares mais tolerantes à seca, que associado à superprecocidade reduz os riscos de cultivo em condições de sequeiro tradicional. Possui grãos longo-finos de boa "qualidade de panela", com os grãos ficando soltos e macios depois de cozidos.

---

### Para as condições irrigadas por inundação

- **Urucuia**

Foi obtida do cruzamento realizado em 1982, pela Embrapa Arroz e Feijão, entre as cultivares Nanicão/CICA 8//MG 1, sendo lançada juntamente com a Sapucaí e Capivari, em 1994. Foi a primeira cultivar lançada em Minas Gerais, cuja seleção ocorreu no estado, a partir de populações segregantes F<sub>2</sub>. Seu ciclo é de aproximadamente 153 dias (mudas) e de 143 dias (semeio direto), ou seja, sete dias mais curto do que a Sapucaí e Capivari. Destaca-se pela sua alta resistência à brusone e boa qualidade de grãos. Em virtude de sua resistência à brusone, é a cultivar, cuja área de plantio mais tem crescido no estado. Deve ser a preferida para plantio em áreas de ocorrência de brusone, sobretudo nos solos gleizados e orgânicos onde há maior desequilíbrio nutricional e, por conseguinte, maior pressão de doenças. É moderadamente tolerante à toxidez de ferro.

- **Jequitibá**

É a mais recente cultivar de arroz lançada para cultivo em condições irrigadas por inundação em Minas Gerais. A Jequitibá é oriunda de cruzamento simples, que envolve as cultivares CICA 9/BR-IRGA 409, realizado pelo Instituto Riograndense do Arroz (IRGA). Foi introduzida em Minas Gerais em 1988 com a denominação de CNA 6808, sendo lançada em 1997 com o nome de Jequitibá. É a primeira cultivar **precoce** de arroz irrigado recomendada para o estado, cujo ciclo de maturação varia de 130 a 135 dias. Possui também boa capacidade de perfilhamento, porte médio (92 cm), resistência às principais doenças fúngicas e bom potencial de produção de grãos. Destaca-se ainda por possuir grãos longo-finos, endosperma translúcido e excelentes características culinárias.

- **Rio Grande**

Originou-se do cruzamento envolvendo as linhagens 5730/2940//18467, realizado pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colômbia. Seu excelente desempenho nos ensaios de campo, no período de 1994 a 1998, possibilitou o lançamento, em 1999, para cultivo em várzeas irrigadas por inundação em todo estado de Minas Gerais. Em cinco anos de avaliação, em 23 ensaios de competição e em diversas regiões do estado mostrou ser 9,3% mais produtiva do que a Urucuia, 14,7% do que a Jequitibá e 17,6% do que a BR-IRGA 409. Possui ciclo médio de 140 a 150 dias, alto perfilhamento, porte baixo (90 cm) e resistência às principais enfermidades (brusone, mancha parda e mancha de grãos). Seus grãos são classificados como longo-fino; tem endosperma translúcido e apresenta alto rendimento de grãos inteiros no beneficiamento.

- **Ouro Minas**

Lançada para cultivo em Minas Gerais em 2001, a Ouro Minas foi obtida do cruzamento realizado no CIAT entre as linhagens 17719, 5738 e IR 21015-72-3-3-3-1. Foi introduzida no Brasil em geração F<sub>4</sub> pela Embrapa Arroz e Feijão, que efetuou vários ciclos de seleção, obtendo-se a linhagem CNA 7556. Começou a ser avaliada em Minas Gerais em 1993 e, após vários anos de teste, foi lançada para cultivo em todo o estado, em condições de irrigação por inundação, a partir de 2001.

Apresenta ciclo de aproximadamente 140 dias, resistência ao acamamento, ótimo perfilhamento e maturação uniforme. Seus grãos pertencem à classe longo-fino e possui teor de amilose alto (29%). Tem mostrado ser mais resistente à brusone, mancha parda e mancha de grãos do que as testemunhas Urucuia e BR-IRGA 409 e comportamento semelhante à Jequitibá.

Quanto à produção de grãos, foi semelhante à Urucuia e superou a Jequitibá em 9,4% e a BR-IRGA-409 em 14,8%.

- **BRSMG Seleta**

---



É originária do cruzamento triplo CT 7415 / P 4743 // CT 8154, realizado pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) na Colômbia, em 1988, e introduzida no Brasil, em 1990, pela Embrapa Arroz e Feijão. No período de 1990/91 a 1994/95, as populações segregantes foram conduzidas utilizando-se os métodos genealógicos e massal, selecionando-se uma linhagem que foi codificada como CNA 8479. Avaliações realizadas nos ensaios comparativos avançados (VCU's) durante cinco anos agrícolas e seu excelente desempenho possibilitaram o lançamento dessa cultivar em 2004 para plantio em condições de irrigação por inundação contínua no estado. Apresentou produtividade média em nível experimental superior a 6500 kg/ha. Apesar de ter sido lançada para áreas com controle de lâmina d'água, pode também ser cultivada em condições de várzea úmida.

## 15 PLANTIO

### Arroz de sequeiro

- **Sequeiro tradicional**

Neste sistema, o plantio é realizado apenas por semeio direto. O bom estabelecimento da cultura é a chave para se obter alta produtividade em qualquer lavoura e o arroz não é exceção. Um dos grandes problemas do cultivo do arroz de sequeiro é o ataque de pragas no solo ou logo após a emergência das plântulas, principalmente quando falta chuva, retardando a germinação e o desenvolvimento inicial. Assim, torna-se imprescindível o tratamento de sementes com produtos à base de carbofuran, tiodicarbe, furatiocarbe, fipronil, Thiamethoxam, etc. para que se obtenha um bom estande inicial e proporcionar o futuro sucesso da lavoura.

A semeadura deve ser feita, de preferência, na segunda quinzena de outubro e em todo o mês de novembro para todas as cultivares, podendo-se estender até a primeira quinzena de dezembro para as precoces (ciclo 105 a 120 dias). A semente deve ser colocada a uma profundidade de 3 a 5 cm e, no sistema convencional, se possível, efetuar uma leve compactação, de preferência utilizando o rolo compactador.

Entre os fatores que mais afetam a produção de grãos estão o espaçamento entre linhas e a densidade de plantas na linha. Estes dois fatores governam, em grande parte, a competição em nutrientes, água, luz e CO<sub>2</sub>.

O plantio pode ser realizado em sulcos, utilizando plantadeira-adubadeira (mecanizado) ou em covas por meio de matraca (manual). No plantio em linha, tem-se recomendado o espaçamento de 0,35 a 0,45 m entre fileiras, colocando-se 60 a 70 sementes por metro linear, dependendo da cultivar. Para cultivares precoces, que são menos perfilhadoras, utilizam-se menores espaçamentos e/ou maiores densidades de semeadura. Procedimento contrário é tomado quando se usam cultivares mais tardias, que, em geral, são mais perfilhadoras.

Outro parâmetro a ser considerado é a fertilidade do solo. Em geral, nos solos pobres, onde o arroz perfilha pouco, pode-se utilizar espaçamentos menores e densidades maiores. Em áreas muito sujeitas a veranicos, menores populações são desejáveis, uma vez que reduzem o consumo de água, diminuindo os riscos de perda parcial ou total da lavoura.

No plantio por covas, recomenda-se o espaçamento de 0,35 a 0,45 m entre linhas por 0,20 m dentro da linha, colocando-se 10 a 12 sementes por cova. As considerações feitas para espaçamento entre linhas para o plantio em sulcos, também são válidas para o plantio em covas.

No espaçamento e densidades recomendadas, gastam-se em torno de 45 a 50 kg de sementes por hectare.

---

- **Sequeiro com irrigação suplementar**

Este sistema de cultivo de arroz é recente no país e está sendo praticado principalmente sob pivô central. O sistema de plantio é por semeio direto em sulcos, utilizando, geralmente, alta tecnologia e cultivares modernas de porte baixo/médio. É realizado de modo semelhante ao sistema de sequeiro tradicional, com a diferença de que são feitas irrigações suplementares, quando as chuvas são escassas. Estudos de espaçamentos e densidades estão sendo realizados em diversas regiões do Brasil, mas ainda não são conclusivos.

A Embrapa Arroz e Feijão testou três espaçamentos entre linhas: 0,20 m, 0,35 m e 0,50 m, com 60 sementes por metro, utilizando a linhagem CNA 6891, que é de porte baixo e com folhas curtas e eretas. Os resultados mostraram que o melhor espaçamento para produção de grãos foi o de 0,20 m, seguido do de 0,35 m e, por último, o de 0,50 m.

Resultados diferentes foram obtidos em Lavras-MG, para as cultivares Canastra e Confiança. Testaram-se três espaçamentos entre linhas, ou seja, 0,20 m, 0,30 m e 0,40 m, combinados com três densidades de semeadura: 50, 70 e 90 sementes por metro. No primeiro ano de teste (1996/97), não se observou qualquer diferença entre os espaçamentos e as densidades para o caráter produtividade de grãos. No segundo ano (1997/98), verificou-se que a produtividade proporcionada pelo espaçamento de 0,20 m foi inferior estatisticamente aos outros dois. Todavia, não se detectaram diferenças para as três densidades de semeadura.

Deve-se ressaltar que, nos espaçamentos menores, aumentam as incidências de doenças e os riscos de acamamento. Assim, para cultivares de ciclo médio em condições ambientais semelhantes às de Lavras, deve-se optar por espaçamentos de 0,30 a 0,40 m entre linhas e, quando forem lançadas cultivares precoces, menos perfilhadoras, estes espaçamentos deverão ser reavaliados.

## **Arroz de várzea**

- **Irrigado por inundação contínua ou submersão**

O plantio do arroz sob condições irrigadas por inundação pode ser realizado de três maneiras bastante distintas: (a) semeio direto em solo seco; (b) pré-germinado, e (c) transplantio ou plantio por mudas.

### **a) Plantio ou semeio direto em solo seco**

É o sistema mais utilizado e consiste de uma única operação, empregando-se semeadora-adubadora de tração mecânica ou animal. Utiliza-se o espaçamento de 0,2 a 0,3 m entre linhas, colocando-se 80 a 100 sementes por metro linear. O gasto de sementes é de aproximadamente 80 a 100 kg/ha.

A vantagem desse sistema é que ele é mais ágil e adequado a áreas mais extensas onde há carência de mão-de-obra. Por outro lado, há necessidade de uso de herbicidas para o controle de plantas daninhas, a exceção de áreas novas (pouco praguejadas) ou pequenas (controle manual).

Exige que o solo seja bem drenado, esteja seco ou ligeiramente úmido, pois, do contrário, não há movimentação de máquinas ou risco de ocorrer baixa germinação, caso ocorram elevadas precipitações pluviais após a semeadura. Portanto, é um sistema bastante dependente das condições climáticas.

A semeadura pode ser feita também no sistema de covas, no espaçamento de 0,3 a 0,2 m, colocando-se 10 a 12 sementes/cova. Pode-se utilizar espaçamento menor entre linhas, mas dificulta a capina manual, normalmente usada por produtores que plantam em cova. Outro sistema pouco comum

em nossa região, mas que também é utilizado, é a semeadura **a lanço**. Neste caso, há um maior gasto de sementes, que está em torno de 120 a 150 kg/ha.

A época adequada de plantio do arroz irrigado varia de região para região e deve-se considerar o período de início das chuvas e a temperatura, não só na semeadura, mas também na época da floração, pois nesse estágio baixas temperaturas causam excessiva esterilidade. Normalmente na região central e sul do país, o período mais apropriado ao plantio são os meses de outubro e novembro, podendo ocorrer uma ligeira variação dependendo do ciclo da cultivar a ser usada (precoce ou tardia). No caso de antecipação da semeadura (agosto/setembro), observar temperatura do solo desnudo, que a 5 cm de profundidade deve ser maior ou igual a 20 °C. Em semeaduras em solo frio, a profundidade deve ser menor.

### **b) Sistema pré-germinado**

É muito utilizado na Europa e foi adotado, recentemente no Brasil, onde teve maior aceitação em Santa Catarina. Uma das causas é porque nesse estado chove muito na época do plantio, dificultando a semeadura direta.

Esse sistema exige um perfeito nivelamento do tabuleiro e um controle muito cuidadoso da água na fase inicial da cultura. Apresenta a vantagem de o solo encontrar-se com uma fina lâmina d'água por ocasião da semeadura e possibilitar um desenvolvimento rápido do arroz, dificultando, dessa forma, a germinação de invasoras e de sementes remanescentes.

A semeadura é feita a lanço no barro ou com uma fina lâmina d'água, utilizando-se 100 a 120 kg/ha de sementes. Para isso, as sementes precisam ser pré-germinadas e uma alternativa é acondicioná-las em sacos de aniagem, com 20 kg em cada saco. Em seguida, submergí-la em água corrente por 24 a 36 horas e, posteriormente, colocá-la em local sombreado e arejado por 24 horas. A semeadura deve ser realizada quando o coleóptilo e a radícula atingirem o tamanho de 2 a 3 mm.

Essa modalidade de plantio independe das condições de chuva e tem sido muito utilizada para o controle do arroz vermelho.

### **c) Plantio por mudas ou transplantio**

Consiste em formar as mudas em viveiros próprios que, após atingirem determinado estágio de desenvolvimento, são transplantadas para o campo. É o sistema predominante na região do Vale do Rio Doce e Zona da Mata Mineira.

**c.1) Formação da sementeira** - preparar 200 m<sup>2</sup> da sementeira para 1 ha de lavoura. Fazer os canteiros com 1 m de largura e até 10 m de comprimento. Semear 100 a 200 g de sementes/m<sup>2</sup> de viveiro a lanço ou em pequenos sulcos transversais ao sentido de comprimento do canteiro. Recomenda-se colocar no canteiro 1 kg de esterco de curral curtido ou 30 g de 4-14-8/ m<sup>2</sup> de sementeira. Após o semeio, efetuar irrigações com regador até a emergência das plantas e, posteriormente, irrigar por infiltração ou inundação.

**c.2) Transplantio** - As mudas devem ser transplantadas para o campo com 25 a 35 dias de idade, utilizando-se o espaçamento de 0,30 x 0,20 m, colocando-se quatro a cinco mudas por cova.

O transplantio pode ser manual (mais utilizado no Brasil) ou mecânico, por meio de transplantadoras. É feito no barro ou com uma lâmina fina de água. Nos primeiros dez dias, para facilitar o pegamento e a fixação das mudas, deve-se evitar a formação de lâmina d'água e, em caso de falta de chuvas, dar banhos de forma a manter o solo úmido. Após o pegamento e fixação das mudas, iniciar a irrigação permanente com uma pequena lâmina d'água e aumentá-la com o desenvolvimento das plantas até um máximo de 15 cm. As principais vantagens desse sistema são:

- "Garantia" de um estande adequado
  - Controle eficiente de plantas daninhas
  - Controle de sementes remanescentes
  - Plantio independente das chuvas
  - Antecipação ou atraso no plantio
-

- Controle de pragas subterrâneas
- Controle de pássaros na germinação e estágio de plântula
- Menor gasto de sementes (40 a 50 kg/ha)

- **Várzea úmida ou “brejo”:**

Esta modalidade de cultivo é praticada principalmente por pequenos agricultores, utilizando baixa tecnologia, onde a colheita geralmente é manual. Empregam-se cultivares tradicionais de porte alto ou, às vezes, cultivares de sequeiro e raramente cultivares de arroz irrigado por inundação do grupo moderno.

Os sistemas de plantio usados são o de semeio direto, realizado em linhas ou em covas e o transplântio de mudas, à semelhança do sistema irrigado por inundação. A diferença básica está no espaçamento entre linhas, que varia de 0,35 a 0,45 m, dependendo do porte da cultivar.

## **16 PLANTIO DIRETO**

### **Arroz irrigado**

Na cultura do arroz irrigado, o uso do sistema de plantio direto, que já é uma realidade, passou a ser expressivo a partir do início da década de 1980, principalmente após a criação do "Clube do Plantio Direto com Cultivo Mínimo de Arroz Irrigado". Os sistemas de plantio direto mais utilizados na cultura do arroz irrigado apresentam as seguintes variantes: (a) plantio direto, (b) plantio direto com preparo de verão, e (c) cultivo mínimo.

a) O plantio direto corresponde à semeadura do arroz sobre a resteva de uma cultura anterior, pastagem ou flora de sucessão, dessecada com herbicida de ação total, sem nenhum revolvimento do solo. É especialmente indicado para áreas sistematizadas e que não apresentam problemas de irrigação e drenagem.

b) No plantio direto com preparo de verão, as operações de lavração, gradagem e aplainamento são realizadas nos meses de janeiro, fevereiro e/ou março. Após o preparo do solo, é normalmente realizada a semeadura de uma pastagem de inverno. Esta constitui alimento de melhor qualidade para o gado durante esse período, o qual poderá permanecer sobre a pastagem até pouco antes da semeadura do arroz, que é realizada entre os meses de setembro a novembro, sobre a cobertura dessecada com um herbicida de ação total.

c) O cultivo mínimo, por sua vez, compreende o preparo reduzido do solo, resumindo-se a duas gradagens leves e aplainamento. As operações são executadas no final do inverno e/ou primavera, com o objetivo principal de forçar a emergência das plantas daninhas, especialmente o arroz vermelho, que serão controladas pelo uso do herbicida dessecante antes do plantio direto do arroz, que normalmente é realizado de 30 a 45 dias após o preparo do solo.

O sistema de plantio direto sempre foi destacado por suas vantagens na conservação e recuperação dos solos. Na lavoura orizícola gaúcha, no entanto, a adoção do sistema foi tida como a solução potencialmente capaz de minimizar as crescentes infestações do arroz vermelho.

### **Arroz de sequeiro**

O uso do plantio direto no cultivo do arroz de sequeiro ainda é bastante incipiente. Trabalhos de pesquisa estão sendo empreendidos na busca de informações no sentido de tornar essa prática

vantajosa para o orizicultor de sequeiro.

O plantio direto do arroz de terras altas tem sido considerado como não competitivo com o sistema convencional (aração e gradagem), ou seja, na maioria dos casos, a produtividade de grãos obtida tem ficado aquém do desejado. Tem-se observado que a planta apresenta pequeno desenvolvimento do sistema radicular, reduzindo a resistência à seca e menor número de perfilhos por área, diminuindo o número de panículas por área, além de exibir um menor desenvolvimento da planta, sobretudo durante a fase vegetativa.

Diversos trabalhos de pesquisa já foram empreendidos na tentativa de solucionar esse problema, entre eles, pode-se destacar a adaptação do facão de corte da plantadeira no sentido de efetuar uma descompactação subsuperficial maior, facilitando assim o desenvolvimento do sistema radicular da planta, e o de variações de doses e épocas de aplicação de nitrogênio (N), entre outros. O fato é que todos os trabalhos sugerem que a planta de arroz possui um sistema radicular frágil e exige macroporosidade no solo em detrimento da microporosidade. Isso sugere que o arroz de terras altas não é adaptado a cultivo sob sistema de plantio direto, ao contrário do arroz irrigado por inundação, onde o sistema já é amplamente utilizado e com bastante sucesso.

Uma pesquisa bibliográfica associada à experiência e observações de campo do autor desse trabalho reuniram uma série de informações que são úteis para ajudar a desvendar o segredo do insucesso do plantio direto do arroz de terras altas. A seguir, será apresentado o resultado e as conclusões obtidas:

Quem planta arroz (lavoura ou área experimental) já teve a oportunidade de observar que as linhas de arroz situadas sob as rodas do trator, com forte compactação (sistema convencional), apresentam melhor germinação, maior vigor inicial, maior perfilhamento e, em geral, melhor desenvolvimento das plantas durante todo o ciclo. Ora, se estas importantes características são favorecidas pela compactação das rodas do trator, como o arroz de terras altas não se adapta ao cultivo sob plantio direto? Muitos alegam que essa compactação aumenta o contato da semente com o solo, facilitando a absorção da umidade do solo, acelerando a germinação. Isso é verdade, mas não explica o desenvolvimento superior das plantas após o estágio de plântula, quando a absorção de nutrientes é intensificada. Tradicionalmente, notadamente nas várzeas, os agricultores realizam uma compactação logo após a semeadura, seja com rolo compactador, seja com tronco de madeira, ou mesmo com os pés. O fato é que a planta de arroz responde positivamente à compactação, contrariando seu desempenho inferior em cultivo sob plantio direto.

Trabalho de pesquisa de tese de doutorado sobre efeitos da compactação do solo em arroz (Medeiros, 2004), realizado na Universidade Federal de Lavras, utilizando cinco níveis de compactação combinados com três níveis de umidade, em dois solos: Neossolo Flúvico, antigo Aluvial (várzea) e Latossolo Vermelho Amarelo (terras altas), mostrou que a compactação do solo *per si* não é barreira para o cultivo do arroz de terras altas em plantio direto.

Um dito popular importante é o de que o arroz de terras altas só deve ser cultivado em “terra nova” ou “descansada” e o milho em “terra velha”. Ora, para o milho, é facilmente explicável, pois ele necessita das devidas correções do solo e elevação do pH para 6,0 a 6,5. Quanto ao arroz, em princípio, não há relação, pois ele é apenas mais tolerante a solos mais ácidos, onde a faixa ideal de pH varia de 5,5 a 5,8. Mesmo assim, após cultivos sucessivos, seu plantio tem de ser abandonado, diante do péssimo desenvolvimento das plantas e das baixas produtividades obtidas. Essa observação vem de encontro a um outro dito popular, de que o arroz só deve ser cultivado por dois anos em uma mesma área, quando então terá de deixar a área “descansar” ou mudar de cultura. Por que o arroz apresenta essa característica tão diferente das outras espécies?

Hoje, há um consenso entre os especialistas de arroz de que a causa da brusca queda de produtividade do arroz após dois cultivos sucessivos é devida aos desconhecidos efeitos alelopáticos, que é definido como qualquer efeito prejudicial, direto ou indireto, de uma planta sobre a outra, através da produção de compostos químicos, liberados no meio (Rice, 1974, citado por Guimarães & Bevitóri, 1999). Em arroz, onde o efeito se faz sentir sobre o próprio arroz, o termo mais adequado é autotoxicidade. Os ácidos fenólicos considerados como responsáveis pelos efeitos autotóxicos já foram descartados por Turano & Ogana (1974), citados por Guimarães & Bevitóri (1999), pois segundo os

autores, esses ácidos são rapidamente decompostos no solo pela ação dos microrganismos e não inibem especificamente o crescimento radicular do arroz de terras altas. Além do mais, é inconcebível admitir que a natureza cometeria uma aberração dessas, ou seja, o arroz produzir aleloquímicos que inibissem seu próprio desenvolvimento. Os efeitos alelopáticos de uma espécie sobre outras já estão bem estudados e não há questionamento sobre eles; apenas no caso do arroz é difícil admitir a denominada autotoxicidade. Felizmente, as contestações de seus efeitos são maiores do que as comprovações.

Ao contrário do arroz de terras altas, no sistema irrigado por inundação permanente ou várzea úmida com solo saturado, os “efeitos alelopáticos” são pouco percebidos, possibilitando o cultivo sucessivo do arroz na mesma área por vários anos consecutivos, principalmente por pequenos produtores em áreas de brejo, onde o solo permanece saturado em quase todo o período de cultivo. Daí, surge a dúvida: porque o efeito alelopático só tem significado no arroz de terras altas? Diante de todas as considerações anteriores, está portanto montado o “Quebra-Cabeça” no sentido de desvendar esses fatos que estão interrelacionados entre si.

- **Alelopatia ou nitrogênio: o vilão do arroz de terras altas**

Tudo começou em uma propriedade do município de Capitólio-MG, onde se plantou cultivar de arroz de terras altas em várzea (solo aluvial) bem drenada, há seis anos. Os efeitos da compactação dos pneus do trator sobre as linhas de arroz sempre foram gritantes em comparação com as linhas não compactadas (Figura 12), mas isso foi “aceito” como melhor contato da semente com o solo. Notou-se também que a produtividade era alta no primeiro ano de plantio, razoável no segundo ano e com decréscimo acentuado no terceiro ano; a partir do quarto ano iniciava-se a rotação de culturas. Esse sistema estava, portanto, dentro do trivial e aceito como causa o “efeito alelopático” a partir do segundo ano e mais intensamente, a partir do terceiro ano.

Em uma área de 25 ha, por sinal muito fértil, e anteriormente explorada com pastagens, iniciou-se o plantio de arroz em 2000/2001, repetindo-se o mesmo nos dois anos agrícolas subsequentes, utilizando o sistema de plantio convencional. Nos dois primeiros anos, não se procedeu adubação nitrogenada de cobertura, mesmo assim, as produtividades foram excelentes (5 t/ha). No terceiro ano (2002/2003), realizou-se a adubação de cobertura, aplicando-se 90 kg/ha de nitrato de amônio, 30 dias após a emergência. O fato é que o arroz não se desenvolveu, ficou raquítico, não perfilhou e o sistema radicular não cresceu, embora as condições de distribuição e precipitação pluvial tenham sido excelentes. A primeira justificativa que veio à mente foi o efeito da alelopatia (autotoxicidade) e o segundo da ocorrência de desnitrificação por causa de chuvas intensas alternadas com período de sol, sem chuvas. Mas aí veio a questão! Por quê nos dois primeiros anos, onde as condições foram bem semelhantes, as plantas desenvolveram-se normalmente? Foi aí que surgiu a idéia de se aplicar uma segunda adubação nitrogenada numa pequena área da lavoura onde o arroz se encontrava mais raquítico. Foram aplicados 120 kg/ha de N numa área de 0,2 ha. Aí veio a grande surpresa, as plantas se recuperaram intensamente, exibindo alta produtividade (5 t/ha), ao contrário do restante da lavoura que produziu em média menos de 1 t/ha. A percepção foi, então, a de que o nitrogênio é o principal fator limitante da produtividade e não o efeito alelopático. O primeiro passo foi dado, resta então explicar como todo esse processo ocorre.



FIGURA 12 - Efeito da compactação dos pneus do trator nas linhas de plantio sobre a germinação, estande, vigor e desenvolvimento das plantas de arroz. (Plantadeira de cinco linhas: três linhas centrais não compactadas e as duas laterais compactadas).

### Absorção e utilização do nitrogênio pelo arroz

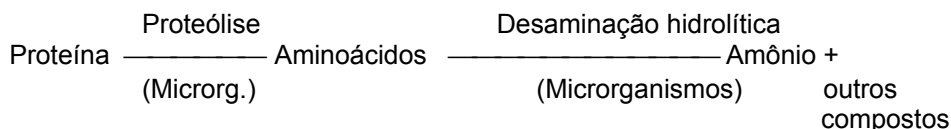
A partir de então iniciou-se um estudo na tentativa de esclarecer as interrelações de “terra nova”, “terra velha”, compactação (pneu do trator), nitrogênio e planta de arroz.

A primeira avaliação foi a de que o preparo do solo através de aração e gradagem promove a incorporação da matéria orgânica e aeração do solo, acelerando, assim, o processo de mineralização da matéria orgânica pelos microrganismos aeróbicos, com a conseqüente disponibilização de grandes quantidades de nitrogênio para o arroz. Assim, a disponibilidade de nitrogênio é máxima no primeiro ano, razoável no segundo ano e baixa a partir do terceiro ano. Isso explica a redução de produtividade de grãos no segundo ano e uma queda brusca a partir do terceiro ano. Por isso, é recomendado deixar a “terra descansar” (pousio), para acumular novamente matéria orgânica e, assim, voltar a plantar arroz. Esse procedimento já é rotineiramente praticado pelos agricultores.

A grande questão que surge é por que esse processo ocorre mais acentuadamente com a cultura do arroz, enquanto que as outras espécies cultivadas sofre pequenas reduções de produtividade, ocasionado mais pelo monocultivo do que pela “queima” da matéria orgânica. Vejam por exemplo, o caso do milho que mantém produtividades satisfatórias por anos seguidos de cultivo. Em que então o arroz difere das outras espécies? Todo esse imbróglio sugere, em princípio, uma capacidade diferencial de absorção de formas diferentes de nitrogênio. Várias publicações (De Datta, 1981; Fageria, 1984; Barbosa Filho, 1987; Fornasier Filho, 1993; Comissão..., 1999; Fageria, 1999) afirmam que o arroz absorve nitrogênio tanto na forma amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ), quanto nítrica ( $\text{NO}_3^-$ ), não havendo diferença entre elas, ou a forma nítrica é ligeiramente mais eficiente para o arroz de terras altas, podendo-se então aplicar fertilizantes contendo qualquer uma das fontes. Esse “dogma” da equidade de eficiência de absorção de nitrogênio tanto na forma de amônio quanto de nitrato dificultou esclarecer o provável

diferencial do arroz em relação às outras espécies.

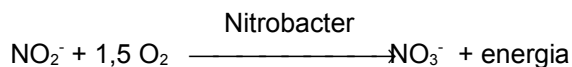
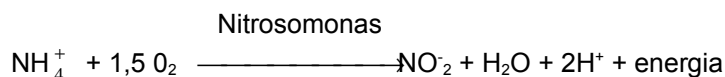
Malavolta (1980) relata que um hectare de solo possui na profundidade de 30 cm entre 1000 e 1500 kg de nitrogênio total e que quase todo esse nitrogênio está na forma orgânica; a fração mineral, geralmente nitrato e um pouco de amônio, corresponde a apenas cerca de 25 kg. O autor afirma ainda que a maior proporção de nitrogênio orgânico do solo parece estar ligado à lignina como um complexo ligno-protéico. Portanto, as transformações sofridas pelo nitrogênio orgânico através de microrganismos torna o nitrogênio disponível para as plantas. Esse mecanismo pode ser assim resumido:



O amônio ( $\text{N-NH}_4^+$ ) é, assim, a primeira forma disponível para as plantas. Entretanto, um outro fenômeno que se processa com rapidez nas condições aeróbicas de solo principalmente por bactérias autotróficas (Nitrosomonas e Nitrobacter) é o da nitrificação, que consiste em oxidar o nitrogênio amoniacal a nitrato (Malavolta, 1980; De Datta, 1981; Yoshida, 1981; Fageria, 1984; León & Arregocés, 1985; Barbosa Filho, 1987; Fageria, 1999).

Assim, o nitrato se torna a forma química de nitrogênio mais abundante no solo e, também, a mais absorvida pelas plantas.

O processo de nitrificação do nitrogênio amoniacal ( $\text{N-NH}_4^+$ ) ocorre da seguinte forma (Malavolta, 1980):



Dessa forma, o  $\text{N-NH}_4^+$  oriundo tanto da decomposição da matéria orgânica, quanto de fertilizantes, quando aplicados ao solo são, na presença de oxigênio, rapidamente nitrificados a nitrato.

Nesse ponto, começou-se a juntar as pedras para a montagem desse complexo xadrez. No caso do arroz de várzea (solo inundado ou saturado), o meio predominante é o anaeróbico, logo a nitrificação é minimizada e só ocorre nos primeiros centímetros superficiais do solo, onde há presença de oxigênio. Assim, nestas condições, há grande predominância de  $\text{N-NH}_4^+$ , mesmo porque o  $\text{N-NO}_3^-$  seria desnitrificado. Nestas condições, tem-se observado que não há queda brusca da produtividade a partir do terceiro ano consecutivo de plantio. Tudo leva a crer que o ponto fundamental da queda de produtividade do arroz de terras altas está relacionado a diminuição do teor de  $\text{N-NH}_4^+$ , sugerindo que essa forma é melhor aproveitada em relação ao  $\text{N-NO}_3^-$ . Mas, como já mencionado, na literatura, está relatado que o arroz não tem preferência por qualquer das formas e que ambas são igualmente eficientes.

Segundo Yoshida (1981), estudos para determinar a eficácia relativa do  $\text{N-NH}_4^+$  e do  $\text{N-NO}_3^-$  como fonte de nitrogênio para o arroz, freqüentemente enfrenta dificuldade com mudanças no pH da solução. Quando  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  estão disponíveis, a planta de arroz prefere  $\text{NH}_4^+$  e o pH da solução



diminui. Entretanto, posteriormente, o pH da solução aumenta quando  $\text{NO}_3^-$  é absorvido. O mecanismo ocorre da seguinte forma: quando o arroz absorve cátion da solução, um íon de hidrogênio é lançado da raiz para manter a neutralidade elétrica na solução. Como consequência o pH da solução abaixa. Por outro lado, quando ânion é absorvido da solução, um íon bicarbonato é lançado da raiz. Esse íon combina com o íon de hidrogênio para formar ácido carbônico indissociável, liberando o íon hidroxila. Em consequência, o pH aumenta. O efeito secundário das alterações do pH, tais como deficiência de ferro para valores altos de pH, algumas vezes dificultam conclusões seguras.

Numa revisão realizada por Yoshida (1981), foi constatado que nos estágios iniciais de desenvolvimento e com teor de N acima de 200 ppm (mg/kg), a planta de arroz desenvolve melhor com  $\text{N-NH}_4^+$  do que com  $\text{N-NO}_3^-$ , embora curcubitáceas tenham comportamento oposto. Após o início da diferenciação da panícula e com teor de 100 ppm de N, o nitrato é forma melhor de nitrogênio para o arroz do que o amônio. A 20 ppm de N, todavia, o amônio é tão bom quanto nitrato. Assim, em níveis reais de concentração de N no solo, o  $\text{N-NH}_4^+$  parece ser melhor ou tão bom quanto o nitrato, considerando todo o ciclo de desenvolvimento da planta. A melhor utilização pelo arroz do  $\text{N-NH}_4^+$  em relação ao  $\text{N-NO}_3^-$  é relatada também por León & Arregocés (1985).

Yoshida (1981) relata ainda que o arroz tem preferência na absorção do amônio ao nitrato, na solução que contém ambos, embora o oposto ocorra para outras espécies (Figura 13). E ainda, raízes, excisadas de plântulas de arroz absorvem amônio cinco a vinte vezes mais rápido do que nitrato, dependendo do pH da solução. Com planta intacta, o arroz também absorve amônio mais rapidamente que nitrato. Embora o arroz tenha preferência pelo amônio, ele não o acumula nos tecidos da folha; é convertido em nitrato. Por outro lado, tecidos de plantas de arroz acumulam nitrato quando a concentração de N na solução é alta. Isso sugere que o arroz tem preferência pelo amônio, mas não o acumula nos tecidos da folha; é convertido em nitrato. Por outro lado, tecidos de plantas de arroz acumulam nitrato quando a concentração de N na solução é alta. Isso sugere que o arroz tem preferência pelo amônio, mas não o acumula nos tecidos da folha; é convertido em nitrato.

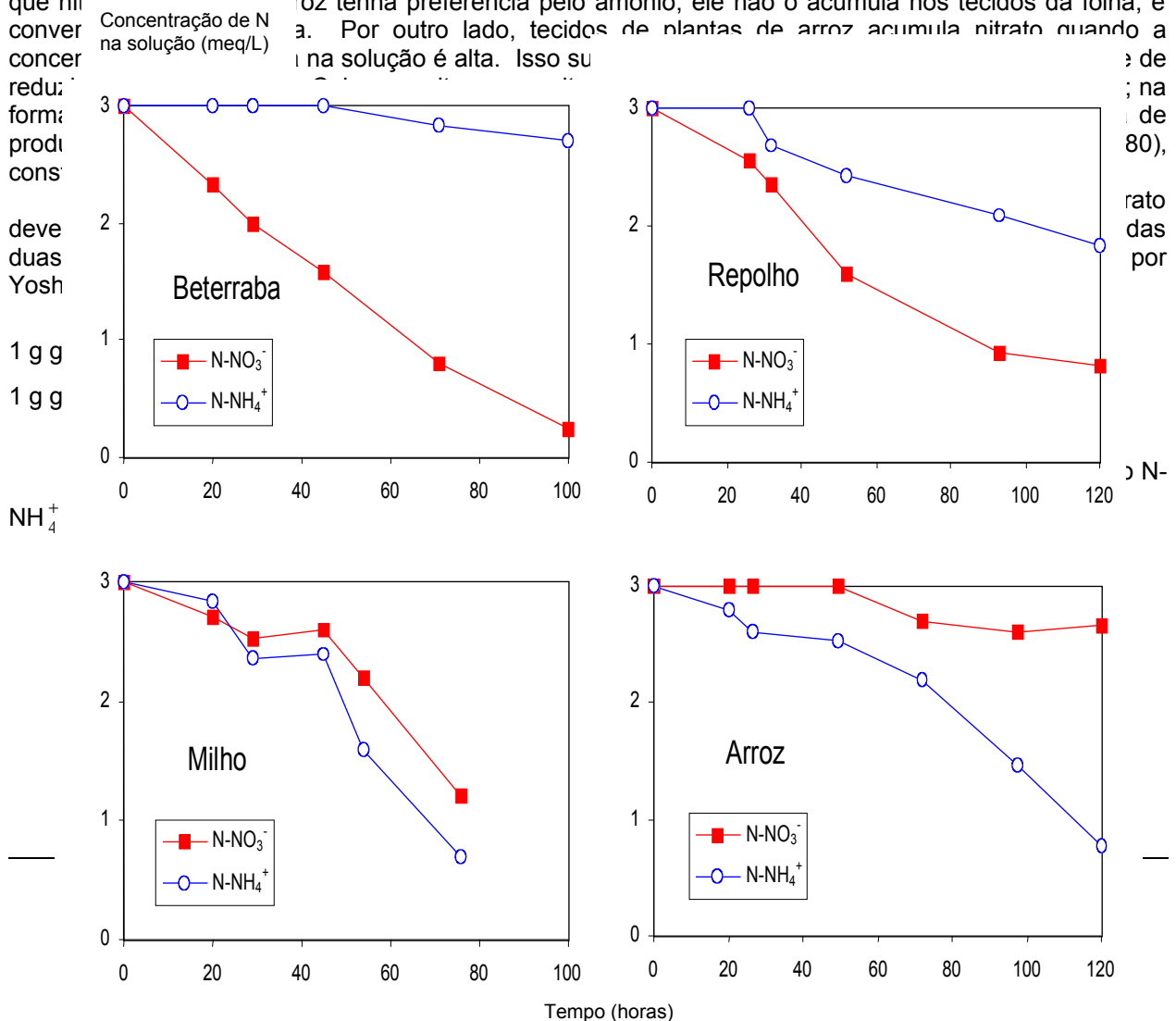


FIGURA 13 – Absorção seletiva de amônia e nitrato em solução nutritiva.  
Fonte: Tadano & Tanaka (1976), citado por Yoshida (1981)

Em plantas superiores, incluindo o arroz, a redução de nitrato ocorre predominantemente nas folhas sob luz. Sob alta intensidade luminosa, onde a taxa de difusão do  $\text{CO}_2$  é que limita a taxa de fotossíntese global, a energia requerida para redução do nitrato pode ser fornecida pela energia excedente produzida pela reação fotoquímica na fotossíntese. Neste caso, a redução do nitrato se processa livre de custo, ou seja, sem consumo de assimilados na respiração para gerar a energia requerida. Entretanto, sob baixa luminosidade, a redução do  $\text{CO}_2$  (reação escura) e redução do nitrato são provavelmente competitivas. Sob tais condições, a taxa de assimilação do nitrato em nitrogênio orgânico parece ser mais lenta em arroz (Dijkshoosn & Ismunadji, 1972), citados por Yoshida (1981). Fica evidente, portanto, que dias claros límpidos, com alta luminosidade favorecem intensamente o aproveitamento do nitrogênio absorvido na forma de nitrato sem consumo de assimilados, contribuindo assim, para o aumento de produtividade.

A chave de todo esse imbróglio que parece esclarecer as diferenças de eficiência do  $\text{N-NH}_4^+$  e  $\text{N-NO}_3^-$  para a cultura do arroz foi encontrada em Malavolta (1980). Segundo esse autor, “arroz, tanto o sequeiro quanto o irrigado, nas duas ou três primeiras semanas de vida quando cultivado em solução contendo  $\text{N-NO}_3^-$ , se desenvolve muito pouco apresentando sintomas típicos da falta de N, o que não

---

acontece se o  $\text{N-NH}_4^+$  for a fonte de nitrogênio; aos poucos, entretanto, começa a se desenvolver e suas folhas, antes amareladas (= falta de N) tornam-se verdes, o que indica síntese e funcionamento da redutase do nitrato”. No processo de redução do nitrato a amônia, denominado redução assimilatória do nitrato, é essencial a presença da enzima redutase do nitrato. Assim, a ausência ou baixa disponibilidade da referida enzima no primeiro mês de vida da planta faz com que o  $\text{N-NO}_3^-$  não seja aproveitado pelo arroz.

A deficiência de nitrogênio nesta fase de desenvolvimento da planta compromete a lavoura, prejudicando o desenvolvimento da parte aérea, reduzindo a competitividade com as plantas daninhas, o crescimento do sistema radicular, e provoca intensa redução do número de perfilhos. Com o avanço e desenvolvimento da cultura, a planta passa a produzir a enzima redutase do nitrato e a deficiência de nitrogênio tende a desaparecer, mas o prejuízo inicial é praticamente irreversível, comprometendo o potencial produtivo do arroz. Certamente, o desconhecimento dessa informação causou muita confusão nos estudos de avaliação de eficiência de uso de nitrogênio na forma amoniacal e nítrica. Esse atraso na síntese da redutase do nitrato é bastante evidenciado em lavouras de pequenos agricultores em condições de várzea úmida, onde, muitas vezes, não se realiza fertilização, ou seja, as lavouras, quando jovens, permanecem amareladas, mas depois de algum tempo tornam-se verdes, sem nenhuma aplicação de nitrogênio indicando o aproveitamento do  $\text{N-NO}_3^-$ .

Uma questão que surge é porque a planta de arroz possui essa característica? Uma hipótese que pode ser aventada é a de que o arroz é uma planta de origem hidrófila, logo, evoluiu em um ambiente com grande abundância de água, em um meio redutor, onde havia predominância de nitrogênio amoniacal. Dessa forma, sob baixa concentração de nitrato no meio, a planta jovem do arroz não desenvolveu o mecanismo de redução do nitrato, uma vez que o ambiente era rico em amônio e a demanda inicial baixa. Com o crescimento da planta, a demanda por nitrogênio é maior e a planta teve de lançar mão do nitrato, desenvolvendo, portanto, o mecanismo de aproveitamento dessa forma de nitrogênio, ainda que mais tardiamente.

### **Nitrogênio e a sustentabilidade do arroz de várzea**

Após essa fundamentação, tornou-se possível compreender os mecanismos que influenciam o desenvolvimento do arroz sob várias condições de cultivo, bem como a sustentabilidade das mesmas por anos sucessivos de cultivo. Inicialmente, será discutido o caso do arroz irrigado por inundação permanente. Em geral, não se dá muita importância ao efeito da alelopatia/autotoxidade nos cultivos em campos de arroz irrigado, com a justificativa de que nesse sistema, o referido efeito é pequeno, possibilitando cultivos sucessivos por anos consecutivos. À luz dos conhecimentos, é mais provável que a predominância da fonte de  $\text{N-NH}_4^+$  e a pequena perda de nitrogênio por desnitrificação seja a causa da maior sustentabilidade do plantio em campos inundados. De Datta (1981) relata que a disponibilidade de nitrogênio em solos inundados é mais alta que em solos não inundados. Isso porque, embora a matéria orgânica seja mineralizada a uma taxa mais lenta em solos anaeróbicos do que aeróbicos, a quantidade líquida mineralizada é maior porque menos nitrogênio é imobilizado. Dessa forma, associando-se maior quantidade de nitrogênio mineralizado (líquida) com menor perda por desnitrificação e predominância da forma amoniacal, é possível compreender o melhor desenvolvimento do arroz e a maior sustentabilidade em campos inundados.

Deve-se acrescentar, também, que o preparo do solo através de aração e gradagem com certa antecedência ao plantio e à inundação do tabuleiro provoca redução do teor de matéria orgânica do solo pela decomposição aeróbica que é bastante intensa. Essa prática a curto prazo aumenta a disponibilidade de nitrogênio, mas a médio e longo prazo, reduz a principal fonte de nitrogênio para o arroz, que é a matéria orgânica. Lavouras de arroz fertilizadas obtêm de 50% a 80% de seu nitrogênio requerido do solo; lavouras não adubadas obtêm uma proporção muito maior, principalmente através de mineralização de fontes orgânicas. Assim, o arroz depende primariamente de fontes orgânicas para obter seu nitrogênio (Koyama, 1975 e Broadbent, 1979, citados por De Datta, 1981). Para produção de

uma tonelada de grãos na cultura do arroz irrigado são necessários somente para a parte aérea, 22,5 kg de nitrogênio (Fageria, 1999). Assim, para uma produtividade de 8 t/ha são necessários 180 kg/ha de N. Considerando uma adubação nitrogenada com 120 kg/ha (600 kg/ha de sulfato de amônio, por exemplo) e um aproveitamento de 40% de nitrogênio aplicado (eficiência de aproveitamento não ultrapassa 30% a 40%, segundo Barbosa Filho, 1987 e Fageria, 1984), ou seja, 48 kg, serão necessários, portanto, que o solo forneça 132 kg/ha de nitrogênio (73% do total necessário). Isso explica o fracasso do Provárzeas em várias regiões do país oito a dez anos após sua implantação. Um exemplo, que pode ser citado, é o do Polder de Careçu, no Sul de Minas Gerais, onde as produtividades no início da implantação do projeto eram de aproximadamente 8 t/ha, mas depois de oito anos consecutivos de plantio não ultrapassaria 3 t/ha, levando ao abandono da exploração orizícola. Obviamente, que faltou orientação técnica sobre manejo, rotação de culturas, etc.

No caso do arroz de várzea úmida ou drenada, sem irrigação, a questão do nitrogênio é muito mais crítica. Primeiro, porque os constantes preparos de solo causam aeração e decomposição rápida da matéria orgânica, reduzindo assim o reservatório natural de nitrogênio; segundo porque as freqüentes alternâncias de encharcamento, ocasionado por altas precipitações pluviais, seguidas de drenagens, causam intensa desnitrificação. Reddy & Patrick (1975), citados por De Datta (1981), relatam que a maior perda de nitrogênio por desnitrificação ocorre num ciclo aeróbico-anaeróbico de dois dias, quando comparado com ciclos mais longos.

Assim, o  $\text{N-NH}_4^+$ , oriundo primariamente da decomposição da matéria orgânica em condições aeróbicas, rapidamente, sofre nitrificação a  $\text{N-NO}_3^-$ , que em seguida é perdido por desnitrificação, caso ocorra encharcamento do solo, o que é muito comum em várzea, devido a lenta drenagem. O resultado é uma alta deficiência de nitrogênio nas lavouras de arroz que apresentam coloração amarelada, plantas raquíticas e um sistema radicular pouco desenvolvido. Essa deficiência só não é observada nos dois primeiros anos de cultivos, onde o alto teor de matéria orgânica do solo (fração ativa) consegue suprir de nitrogênio as exigências das plantas. Esse período pode ser mais longo, dependendo do teor de matéria orgânica do solo, da acidez, da temperatura, da umidade, aeração, número de gradagens, etc.

### **Efeito benéfico da compactação pelos pneus do trator**

Voltando ao efeito benéfico da compactação das rodas do trator para germinação, vigor e desenvolvimento das plantas, a hipótese que surge é a que a compactação do solo reduz a aeração pela menor difusão do oxigênio atmosférico. Isso implica em menos nitrificação e, possivelmente, menor imobilização. A consequência é a maior conservação do  $\text{N-NH}_4^+$ , que é a forma de nitrogênio mais aproveitada pelas plantas de arroz na fase jovem, e a menor perda por desnitrificação, uma vez que a velocidade de transformação do nitrogênio amoniacal a nitrato (nitrificação) é menor. Além do mais, a compactação superficial na linha do arroz reduz a perda de umidade do solo que sobe por capilaridade. É interessante ressaltar que plantas jovens de outras espécies, eficientes na utilização do nitrato como milho, sorgo, soja, etc., não exibem diferenças acentuadas entre as linhas compactadas pelo pneu do trator e as não compactadas, corroborando essa hipótese.

### **Efeito do nitrogênio sobre o plantio direto**

Quanto ao plantio direto do arroz de terras altas ou de sequeiro, motivo principal desse artigo, as seguintes observações são efetuadas: entre as culturas produtoras de grãos mais importantes do país, a do arroz de terras altas é a única que não está sendo usada em larga escala no sistema de plantio direto, cujas razões já foram mencionadas; como mais de 40% da área cultivada no Brasil, hoje já é sob plantio direto, com tendência de crescimento, e os produtores não estão dispostos a efetuarem revolvimento de solo para não desestabilizar o sistema, o arroz de terras altas terá de se adaptar a essa modalidade de

plantio ou ficará marginalizado. Diante desse quadro, é que se tem buscado novas tecnologias ou ajustamento das existentes com o intuito de tornar o arroz de terras altas uma alternativa viável no sistema agrícola, participando na rotação de culturas através de plantio direto.

Ao que parece, todas as tecnologias, já desenvolvidas, não foram suficientes para convencer os agricultores de terras altas a adotarem o plantio direto como um sistema de semeadura rotineiro, mesmo porque a pesquisa ainda não recomenda a semeadura do arroz de terras altas por plantio direto. Certamente, o ponto fundamental que prejudica o bom desempenho do arroz de terras altas no sistema de plantio direto ainda não foi atacado. Tudo leva a crer que a principal barreira pode estar relacionada a disponibilidade e uso do nitrogênio durante a fase jovem de desenvolvimento da planta. No sistema de cultivo inundado, o plantio direto é adotado sem restrições e é um dos mais utilizados, hoje, no Rio Grande do Sul. Pelo que já foi discutido anteriormente, a diferença básica entre o arroz de terras altas e o irrigado está, além da farta disponibilidade de água nesse último, na forma predominante do nitrogênio no solo, que é de nitrato no sequeiro e de amônio no irrigado. Obviamente, que a inundação do solo provoca uma série de alterações físicas, biológicas e químicas no solo, mas não parecem ser elas a vertente do sucesso ou insucesso do plantio direto.

O ponto que será discutido refere-se apenas ao nitrogênio. Na ausência de revolvimento do solo por aração ou gradagem, ocorre um acúmulo gradual de matéria orgânica na superfície do solo com o passar dos anos, seja pelos restos culturais, seja pela vegetação nativa morta, pastagem, dejetos animais, etc. Esse acúmulo de matéria orgânica ocorre simplesmente pelo fato de os microrganismos terem menor contato com a massa vegetal, ou pela decomposição lenta pelos microrganismos anaeróbicos nos ambientes de baixo arejamento. Dessa forma, no perfil do solo, forma-se um gradiente diferencial de acúmulo de matéria orgânica, sendo rica na superfície, intermediária na camada subsuperficial e pobre nas camadas mais profundas. Com o revolvimento do solo, inverte-se esse gradiente, aera o solo, ocorre decomposição rápida da matéria orgânica, redundando em alta disponibilidade de nitrogênio amoniacal para o arroz. Só que esse processo não é sustentável, pois em dois anos a maior parte da fração ativa da matéria orgânica é mineralizada e passa, então, a predominar no solo (camada de 0-20cm) nitrogênio químico quase que exclusivamente na forma de nitrato. Essa é a principal razão de o arroz de terras altas só produzir bem nos dois primeiros anos, como já comentado. Solos virgens, por exemplo, perdem de 20% a 70% da sua matéria orgânica original, quando colocados em cultivo através do sistema convencional.

No sistema de plantio direto, não há revolvimento de solo, a densidade é maior e a aeração menor, implicando numa lenta decomposição da matéria orgânica do solo (redução de até 50%), com a conseqüente liberação lenta de nitrogênio amoniacal. O mais grave é que o pouco  $\text{N-NH}_4^+$  produzido na mineralização, se não for absorvido pela planta, é imobilizado pelos microrganismos ou rapidamente nitrificado a nitrato, uma vez que na superfície do solo o meio é rico em oxigênio. Assim, no sistema de plantio direto, sobretudo nos seis primeiros anos de implantação do sistema, onde a imobilização do carbono, por conseguinte a do nitrogênio também, é maior do que a mineralização (Sá, 1999), o arroz sofre intensa carência de nitrogênio amoniacal, visto que no primeiro mês de vida, a planta não produz a enzima redutase do nitrato ou se a produz é em quantidade insuficiente para reduzir o nitrato. Essa deficiência afeta fortemente o desenvolvimento radicular, o perfilhamento e o desenvolvimento inicial do arroz. A menor incidência de brusone em arroz de terras altas no sistema de plantio direto em relação ao convencional detectada por Moura Neto (2001), também reflete a menor disponibilidade de nitrogênio para a planta, uma vez que esse elemento potencializa a ocorrência da referida enfermidade (Barbosa Filho, 1987).

Na avaliação do conteúdo de nitrogênio mineral ( $\text{N-NH}_4^+$  e  $\text{N-NO}_3^-$ ) em amostras de terra coletadas em várias profundidades de um latossolo vermelho-escuro, cultivado durante dez anos sob plantio direto e preparo convencional, Sá (1999) observou comportamento diferenciado para os sistemas de manejo, que foi assim resumido: “na camada de de 0-7cm, o nitrogênio mineral nos dois sistemas de manejo foi representado pelo  $\text{N-NO}_3^-$  e os valores obtidos no plantio direto foram quase três vezes superiores aos encontrados sob preparo convencional ao final de dez semanas de incubação. Nessa

camada, o pH, o conteúdo de matéria orgânica e de bases trocáveis eram mais elevados do que no preparo convencional, favorecendo maior atividade de microorganismos nitrificadores. Por outro lado, nas camadas abaixo de 30cm, predominou a forma amoniacal nos dois sistemas de manejo. Nesse caso, a acidez elevada seria o fator que limitaria a atividade dos nitrificadores, não impedindo contudo a ação dos amonificadores”.

Dessa constatação, pode-se especular que a preferência do arroz de terras altas por solos ligeiramente ácidos (pH entre 5,5 a 5,8) pode estar mais relacionado a maior disponibilidade do  $\text{N-NH}_4^+$  no solo pela ação limitada dos microorganismos nitrificadores, sem prejuízo dos amonificadores, do que a própria acidez *per si*, que reduz a disponibilidade de vários nutrientes e aumenta toxidez por alumínio, corroborando, portanto, a melhor utilização do nitrogênio amoniacal pelo arroz na fase juvenil. Certamente, que a maior disponibilidade do  $\text{N-NH}_4^+$  em solos ácidos induziu o arroz de terras altas a desenvolver um mecanismo de melhor adaptação ou tolerância a esses solos. No caso do arroz irrigado por inundação, o pH se estabiliza depois de três semanas de inundação em 6,5-7,0. Contudo, o alto pH não prejudica o desenvolvimento do arroz, uma vez que nessa modalidade de cultivo predomina o  $\text{N-NH}_4^+$ .

Sintetizando, a situação ideal para o arroz de terras no sistema de plantio direto seria aquela em que o sistema já estivesse estabilizado por oito a dez anos, onde a imobilização do nitrogênio é menor que a mineralização, e os solos fossem levemente ácidos, onde a nitrificação é inferior a amonificação. Com isso, aumentaria tanto a disponibilidade, quanto a predominância do  $\text{N-NH}_4^+$  para o arroz.

Olofintoye (1983), citado por Moura Neto (2001), observando o comportamento da cultura de arroz de terras altas sob os sistemas de plantio direto e convencional por dois anos, constatou menor altura e plantas menos vigorosas nos estágios iniciais de desenvolvimento sob plantio direto em relação ao convencional. Observações semelhantes foram relatadas por Ogunremi, Lal e Babalola (1986), também citados por Moura Neto (2001), onde afirmam ser o fraco desempenho nas fases iniciais, no plantio direto, devido à imobilização do nitrogênio aplicado, pelos microorganismos, na decomposição da cobertura morta. Relatam, ainda, que as diferenças na altura de plantas vão diminuindo à medida que se aproxima a fase de floração, motivados pela segunda cobertura nitrogenada e pela disponibilidade de nutrientes oriundos dos resíduos decompostos. Embora os autores utilizem outros fundamentos para justificar as diferenças de desempenhos nos dois sistemas de plantio (direto e convencional), os resultados vêem confirmar tudo que foi discutido sobre disponibilidade e uso de nitrogênio na fase jovem e mais tardia, quando o arroz produz a enzima redutase do nitrato.

Os cultivos sob plantio direto apresentam maior compactação, maior adensamento, menor macroporosidade e maior microporosidade. Portanto, está sujeito a menor aeração e mesmo chuvas de menor intensidade podem causar desnitrificação do nitrato, reduzindo sua disponibilidade para o arroz nos estágios mais avançados de desenvolvimento. Isso exige uma atenção maior quanto ao manejo do nitrogênio, como época de aplicação, doses e fonte do elemento.

O plantio direto do arroz de terras altas que, hoje, é pouco utilizado por não ser a curto prazo competitivo com o convencional, a médio e longo prazo é a melhor alternativa de se produzir com sustentabilidade esse cereal em solos bem drenados e arejados. Isso porque o aumento da matéria orgânica, ao longo do tempo, no sistema estabilizado, é a forma mais correta de prover um fluxo contínuo de nitrogênio amoniacal às plantas de arroz no início de desenvolvimento da lavoura. Pesquisa realizada por Moura Neto (2001), com o objetivo de avaliar o desempenho de cultivares e linhagens de arroz de terras altas nos sistemas de plantio direto e convencional em uma área onde se praticava plantio direto intensamente nas safras e entresafas, durante 14 anos consecutivos, mostrou que as produtividades médias dos 14 materiais, comuns aos dois anos agrícolas (1998/99 e 1999/00), foram de 5606 e 5608 kg/ha, respectivamente. Esse resultado corrobora o potencial do plantio direto para o arroz de terras altas a médio e longo prazo.

Fageria (1999) relata que para produzir uma tonelada de arroz de terras altas são necessários 47 kg de nitrogênio somente para a parte aérea. Assim, para uma produtividade de 4 t/ha serão necessários 188 kg/ha de nitrogênio. Supor uma adubação nitrogenada de 60 kg/ha (quantidade recomendada pela

Comissão... 1999) e uma eficiência de aproveitamento de 40% do nitrogênio aplicado, ou seja, 24 kg. Para esse nível de produtividade, as plantas terão de extrair do solo 104 kg/ha de nitrogênio, representando, portanto, 87% do total absorvido. Isso evidencia porque a médio e longo prazo, somente o sistema de plantio direto tem condições de acumular matéria orgânica e suprir o arroz de terras altas de suas necessidades de nitrogênio, sobretudo, o amoniacal na fase inicial de desenvolvimento. Assim, desfaz-se o paradoxo de que o sistema de plantio direto não se aplica ao arroz de terras altas. Hoje, o insucesso do plantio direto do arroz de terras altas é atribuído à incapacidade do sistema radicular romper-se em solos mais compactados. Realmente, a maior compactação do solo no plantio direto é barreira mecânica para um melhor desenvolvimento do sistema radicular, mas isso é válido para todas as espécies. Seguramente, que plantas jovens de arroz, bem nutridas de  $\text{N-NH}_4^+$ , terão a mesma habilidade do que outras espécies para desenvolver-se em solos de maior densidade. Pode-se especular também que plantas fixadoras de nitrogênio, como a soja por exemplo, têm maior habilidade de se adaptarem ao plantio direto, visto que o nitrogênio é um elemento importante para o desenvolvimento radicular das plantas.

### Sugestões de manejo do nitrogênio no plantio direto

Certamente, muitas pesquisas deverão ser realizadas no sentido de comprovar e aprimorar esse referencial e as hipóteses aventadas. Todavia, para aqueles que já praticam o plantio direto em terras bem drenadas ou pretendem adotar o sistema, uma sugestão empírica, com relação a fertilização nitrogenada, é aplicar no sulco e ao lado das fileiras do arroz fontes amoniacais em quatro parcelas, ou seja, no plantio, aos 15 dias, 30 dias e 45 dias após a semeadura, empregando a dosagem de 20 a 30 kg/ha de nitrogênio, dependendo do solo, cultivar, regime de chuvas, etc. O parcelamento sugerido é uma maneira de prover um fluxo contínuo de nitrogênio amoniacal no período que o arroz não produz a enzima redutase do nitrato. Recomenda-se também, sempre que possível, efetuar o plantio mais cedo, para fugir dos períodos de alta precipitação pluvial que provocam intensas perdas de nitrogênio por desnitrificação no momento que o arroz mais demanda esse elemento, que é a partir da diferenciação do primórdio floral. Para os atuais e futuros usuários do plantio direto no cultivo do arroz de terras altas, recomenda-se não mais revolver o solo, pois só assim, os produtores vão imitar a natureza e ter para sempre uma “terra nova”, apta para o cultivo sustentável do arroz de terras altas ou nas várzeas drenadas. O acúmulo de matéria orgânica no solo em cultivo sob plantio direto é lento, portanto, o produtor não deve esperar uma resposta rápida e imediata. Deve ter paciência, porque aos poucos a produtividade vai aumentando até se estabilizar no nível desejado.

Uma alternativa importante para dar maior sustentabilidade ao arroz de terras altas seria a utilização de nitrogênio amoniacal revestido, que já vem sendo usado em vários países e tendem a reduzir as perdas desse elemento pela liberação gradativa do nitrogênio no solo. O nitrogênio revestido já foi disponibilizado no Brasil comercialmente, mas sua baixa utilização inibiu sua importação e, hoje, não está mais disponível. Contudo, se houver demanda, as importações poderão ser retomadas, principalmente se a pesquisa recomendar o seu uso.

Malavolta (1953), citado por Malavolta e Fornasier Filho (1983), obteve maiores produções de matéria seca em uma cultivar de arroz de terras altas quando forneceu  $\text{N-NO}_3^-$  do que quando usou  $\text{N-NH}_4^+$ , desde que o primeiro fosse acompanhado de níveis mais altos de molibdênio. Portanto, a síntese da redutase do nitrato é induzida pela presença desse micronutriente. Assim, pesquisas nessa área devem ser empreendidas no sentido de antecipar e, ou, aumentar a quantidade da referida enzima na planta jovem do arroz.

Entretanto, a solução definitiva desse problema está no desenvolvimento de cultivares transgênicas portadoras do gene que codifica a enzima redutase do nitrato funcional na fase inicial de desenvolvimento da planta. Para tanto, deve-se identificar o referido gene e transferi-lo de outras espécies para o arroz. Culturas como o milho, sorgo, soja, beterraba e curcubitáceas são eficientes na

assimilação do nitrato na fase jovem, logo, são espécies promissoras para fornecimento desse gene. Como são espécies utilizadas na alimentação, a aprovação do arroz transgênico para essa característica não geraria polêmica e seria rápida. Talvez, a transferência apenas de gene regulador da síntese da redutase do nitrato, induzindo a produção dessa enzima mais cedo do que ocorre hoje solucionaria o problema. Certamente que transgênicos com essa característica elevaria o patamar do atual potencial de produção de grãos das cultivares de arroz, sobretudo, das de terras altas.

## 17 IRRIGAÇÃO

O arroz é uma planta hidrófila. Portanto, ela requer alto teor de umidade no solo para o seu desenvolvimento normal e, conseqüentemente, melhores produções. Logo, ela exige práticas de irrigação, como mecanismo para atender a essa condição.

A exploração do arroz é feita principalmente em dois sistemas: o de terras altas e o irrigado por inundação contínua.

### Irrigação do arroz de terras altas

O sistema de irrigação utilizado é o de **aspersão**, o qual consiste em fornecer água em forma de chuva. Para tanto, são necessários equipamentos especiais, denominados de convencional, auto-propelido e pivô-central. Considerando-se o elevado preço desses equipamentos, somado ao alto custo de operação e consumo de energia (elétrica ou combustível), a irrigação do arroz de sequeiro por aspersão só deve ser usada, na maioria dos casos, de forma suplementar, quando ocorrem longos períodos de estiagem (veranicos).

Em geral, os agricultores não adquirem esses equipamentos com o objetivo principal de se utilizar na cultura do arroz. Mesmo porque, algumas cultivares de arroz atualmente disponíveis têm potencial de produção de grãos pouco compatível com os custos da irrigação. A irrigação por aspersão é utilizada por produtores que já dispõem de toda a infra-estrutura de irrigação e o arroz participa como uma exploração alternativa em rotação de cultura. Na prática, a irrigação por aspersão tem sido mais utilizada em arroz para campos de produção de sementes onde o retorno é maior.

A irrigação por aspersão para a cultura do arroz é relativamente recente no país e os parâmetros necessários para o manejo adequado não estão bem determinados. Existem trabalhos estabelecendo a frequência de irrigação, com base no consumo de uma determinada fração da água disponível no solo (AD).

- Del Giudice (1974): o arroz deve ser irrigado quando forem consumidos 40 a 60% da AD na camada de solo de 0 a 10 cm, ou 40% da AD na camada de 0 a 20 cm.

- Coelho (1977): maior produtividade quando foram consumidos 30% da AD.

A tensão de água no solo é variada, de acordo com suas características. Por isso, o uso da AD não é aplicado para todas as situações. O mais correto é usar métodos baseados na tensão de água no solo que, por sua vez, são mais complexos. Experimentos conduzidos em Goiás indicaram que a tensão de água no solo a 15 cm de profundidade não deve ultrapassar a 0,025 MPa. Para o tipo de solo estudado, a esta tensão corresponde irrigar quando forem consumidos aproximadamente 35% da AD, o que daria um turno de rega médio de sete dias. Manzan (1984), para Uberaba, recomenda lâmina diária de 5 a 6 mm, com turno de rega de aproximadamente cinco dias.

Vantagens da irrigação por aspersão:

- baixo risco de erosão do solo;



- controle da quantidade de água aplicada;
- menor gasto de mão-de-obra (exceto o convencional);
- pode ser usado em qualquer tipo de solo (exceto os muito arenosos);
- favorece aplicação de defensivos e fertilizantes.

**Desvantagens:**

- investimento de custo elevado;
- baixa eficiência em regiões secas, quentes e de ventos fortes;
- reduz eficiência de defensivos pela lavagem das folhas;
- não permite rendimentos iguais aos do sistema inundado.

### **Irrigação do arroz por inundação contínua**

É o método mais usado no mundo e o que possibilita os maiores rendimentos. A água é aplicada de forma contínua, formando lâmina com altura constante durante a maior parte do ciclo da cultura. Para isso, é necessária a construção de tabuleiros nivelados, para permitir altura uniforme da lâmina d'água em toda a extensão da área. Ademais, é preciso construir drenos para possibilitar a drenagem do solo por ocasião do plantio e na época da colheita.

- **Quantidade de água necessária**

É o somatório da água necessária para saturar o solo, formar uma lâmina, compensar a evapotranspiração e repor as perdas por percolação vertical e infiltrações laterais. A quantidade varia de 1,0 a 4,0 l/s/ha, dependendo das condições do solo (teor de argila), condições climáticas e manejo da cultura.

A irrigação intermitente, ou seja, drenagem da água por um determinado período, tende a aumentar o consumo de água. Esta prática era recomendada para estimular o crescimento radicular, porém não é mais. A suspensão da irrigação favorece as invasoras.

O consumo de água no Rio Grande do Sul varia de 11.500 m<sup>3</sup>/ha/ciclo a 17.000 m<sup>3</sup>/ha/ciclo, para as cultivares precoces e tardias, respectivamente, o que corresponde a vazão de 2 a 3,5 l/s/ha. Em Minas Gerais, consomem-se 1500 a 2000 mm de água/ciclo, iniciando-se a irrigação a partir de 30 dias após a emergência.

- **Qualidade da água**

A procedência da água (rios, açudes, poços, etc.) define, geralmente, sua qualidade. Prefere-se, normalmente, a dos rios, por carregar partículas de limo e argila em suspensão. A água deve ser isenta de produtos tóxicos, como resíduos industriais e sais como NaCl. Não se deve usar água com mais de 500 mg/l de NaCl. Água fria prejudica o arroz, sendo 13°C e 43°C os limites de temperatura mínimo e máximo, respectivamente. Temperatura baixa afeta a fertilidade das espiguetas e alta prejudica o perfilhamento.

- **Manejo da água de irrigação**

**Plantio por sementes:** se o solo estiver seco (baixa umidade) no plantio, devem-se fazer irrigações rápidas (banhos) para promover a germinação. Por volta de 15 a 30 dias, iniciar a irrigação definitiva com uma pequena lâmina d'água e ir aumentando-a, na medida do desenvolvimento das plantas, até atingir uma altura máxima de 10 a 15 cm.

---

**Para o sistema pré-germinado:** inicia-se a inundação antes da semeadura. A semeadura é feita em uma lâmina de 5 a 10 cm, assim permanecendo por três a cinco dias, dependendo da temperatura. A seguir drena-se o tabuleiro para que a cultura permaneça com um nível mínimo de água (solo encharcado). Recomenda-se não secar o solo, pois favorece o desenvolvimento de plantas daninhas e perdas de N por volatilização. À medida que as plantas se desenvolvem, o nível da água deve ser gradativamente aumentado, até atingir 10 a 15 cm.

**No plantio por mudas:** iniciar a irrigação definitiva assim que ocorrer o pegamento das mudas, o que ocorre em torno de dez dias após transplântio. Iniciar a irrigação com uma fina lâmina d'água e aumentá-la gradativamente até 10 a 15 cm.

Para o suprimento de água para a cultura do arroz, basta que o solo se mantenha saturado durante todo o ciclo. Entretanto, a presença da lâmina d'água é importante para controlar plantas daninhas e, em regiões frias, maior lâmina favorece a manutenção da temperatura em faixas ideais. Todavia, lâmina muito alta (acima de 15 a 20 cm) predispõe ao acamamento, reduz o perfilhamento e ainda, cobrindo uma maior percentagem de folhas, reduz o suprimento de O<sub>2</sub> para as raízes.

A retirada da água da lavoura deve ocorrer por volta de 15 dias antes da colheita. Isso facilita a operação da colheita e possibilita uma aceleração e maior uniformidade de maturação. Em lavouras onde a água é bombeada a um custo elevado, pode-se antecipar a retirada da água até uns 10 dias após a floração, dependendo das condições climáticas (temperatura e chuva) e da textura do solo. Em solos argilosos e mal drenados, a antecipação da drenagem final não causa prejuízos à lavoura. Por outro lado, em solo mais arenosos e de drenagem rápida, a retirada final da água não deve ser antecipada.

## 18 CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS

**Planta daninha** - do ponto de vista agrônomo, é toda espécie vegetal capaz de interferir no desenvolvimento e manejo de plantas desejáveis, reduzindo direta ou indiretamente, a produção e/ou qualidade do produto.

A redução direta da produção é, basicamente, atribuída à competição exercida por água, luz, nutrientes e CO<sub>2</sub>.

A redução indireta é ocasionada por pragas e patógenos que se hospedam intermediariamente às plantas daninhas, antes de passarem para a cultura do arroz.

As plantas daninhas causam, ainda, a redução na qualidade dos grãos e/ou sementes, pela presença de sementes de plantas, como arroz-vermelho, arroz preto e capim-arroz que dificultam o processo industrial e/ou depreciam o produto beneficiado. Provocam ainda a redução da eficiência das máquinas na colheita mecânica, bem como o fluxo da água da irrigação ou de drenagem.

**Principais plantas daninhas** - as plantas daninhas que desenvolvem junto à cultura do arroz são, em sua maioria, aquelas presentes em todas as culturas. Contudo, podem-se citar algumas delas, por seu difícil controle: arroz vermelho, arroz preto, tiririca, capim macho ou pelego (*Ischaemum rugosum*), capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus*) e o capim braquiária (*Brachiaria decumbens*).

**Período crítico de competição** - é o período no qual a cultura deve ser mantida livre da presença de plantas daninhas, de modo que, ao emergirem, não encontrarão condições para crescimento a ponto de prejudicarem a produtividade da cultura. Esse período varia de 30 a 60 dias após a emergência, dependendo da cultivar e dos sistema de cultivo (sequeiro ou irrigado). Cultivares de porte baixo e de folhas eretas têm menor habilidade de competir com as plantas daninhas.

---

## Métodos de controle

Entende-se por método de controle, o meio pelo qual se limitam a infestação e o desenvolvimento das plantas daninhas. Para isso, podem-se utilizar os seguintes métodos: cultural, biológico, mecânico, químico ou da combinação entre si.

### a) Controle cultural

Inclui o conjunto de práticas culturais que, manejadas adequadamente, asseguram o desenvolvimento vigoroso da cultura implantada, tornando-a capaz de competir favoravelmente com as plantas daninhas. Entre essas práticas, podem-se citar;

- rotação de culturas - controle de arroz vermelho, alelopatia, etc.;
- espaçamento e densidade - maior espaçamento e menor densidade favorecem as plantas daninhas;
- nivelamento do solo/manejo da lâmina d'água;
- plantio por mudas;
- sementes de boa qualidade;
- "roguing" - importante no caso do arroz vermelho e preto.

### b) Controle biológico

Envolve o emprego de inimigos naturais para o controle de certas espécies daninhas. O objetivo não é a erradicação, mas a redução e regulação da população de invasoras a um nível de baixo dano econômico.

Exemplos de controle biológico:

- uso de fungos e pragas - o fungo *Colletotrichum gloesporioides* é usado para o controle de antracnose (*Aeschynomene* spp). Nos Estados Unidos, o fungo é formulado em pó e vendido comercialmente com o nome de Collego;
- peixes - criação de carpas e tilápias consomem grandes quantidades de plantas aquáticas;
- marrecos - alimentam-se de plantas e das sementes de arroz daninho (vermelho e preto) e de outras espécies;
- alelopatia - trata-se da inibição química exercida por uma planta (viva ou morta) sobre a germinação ou desenvolvimento de outras. Um exemplo prático de alelopatia seria a rotação do arroz com mucuna preta em área de arroz infestada com tiririca.

### c) Controle mecânico

- Cultivo manual - a eliminação do mato é, tradicionalmente, feita com enxada. No caso do arroz vermelho ou capim arroz, nas linhas de semeadura, utiliza-se o arranquio manual. Para o arroz de sequeiro, faz-se três a quatro capinas manuais e, no sistema irrigado, duas capinas são suficientes. A primeira é feita aos 15 dias após a emergência.

- Cultivo mecânico - realizado por meio de cultivadores à tração animal ou tratorizada, esta operação deve ser realizada a pequenas profundidades, com ervas no estágio inicial de crescimento. Apresenta o inconveniente de necessitar de repasse com enxadas manuais, sobretudo dentro da linha, onde o cultivador não atua.

Para se proceder ao cultivo em tração mecânica sem prejudicar a lavoura, é necessário que o cultivador tenha o mesmo número de linhas do semeador usado na semeadura e percorra o terreno pelos mesmos locais por onde este anteriormente passou. Por mais hábil que seja o tratorista que procedeu à semeadura, a distância entre as linhas externas de duas passagens sucessivas do semeador não é constante, havendo locais onde se aproximam e outros em que se afastam.

---

#### **d) Controle químico**

É feito por meio do uso de herbicidas e é mais utilizado em lavouras maiores, onde o alto custo da mão-de-obra e a dificuldade muitas vezes em conseguí-la em tempo hábil têm induzido os agricultores a adotá-lo.

Considerando-se a época de aplicação, os herbicidas são assim utilizados:

**d.1) Pré-semeadura** - aplicações realizadas antes da semeadura. São utilizados nas seguintes situações:

- **Plantio direto com cultivo mínimo** - um herbicida com características de dessecante (Paraquat, Glyphosate, etc.) é aplicado sobre uma cobertura vegetal que irá, após a dessecação, constituir uma cobertura morta. A seguir, efetuar a semeadura, que pode ser feita em torno de 6 horas após a aplicação do herbicida.

- **Pré-plantio incorporado** - o herbicida é aplicado antes da semeadura, porém, sofre um processo de incorporação imediata ao solo, realizado com grade de disco ou com enxada rotativa.

- **Pré-semeadura em água** ("benzedura") - é recomendado para o controle do arroz daninho (vermelho e preto) no sistema pré-germinado. O herbicida é aplicado na lâmina d'água antes da semeadura do arroz. Para tanto, após finalizar o preparo do solo, o tabuleiro é drenado 15 a 20 dias antes da semeadura para ocorrer a germinação das sementes do arroz daninho e outras espécies. Após estas atingirem o estágio de uma folha, inundar o tabuleiro com 5 a 10 cm de lâmina d'água e aplicar o herbicida diluído em água. Manter a água na quadra durante 10 a 15 dias, efetuar a troca d'água e lançar a semente pré-germinada do arroz.

**d.2) Pré-emergência** - os herbicidas são aplicados logo após a semeadura do arroz ou, no máximo, durante o período que vai da semeadura até antes do início da emergência. A eficiência desse método depende de o solo ter uma boa umidade superficial, que é a mesma requerida para boa emergência de sementes.

**d.3) Pós-emergência** - os herbicidas são aplicados após a emergência do arroz. Quando a aplicação é na fase em que as plantas apresentam duas a três folhas, tem-se a pós-emergência precoce. Quando apresentam seis a oito folhas, ou mesmo já perfilhado, tem-se a pós-emergência tardia.

Com frequência, utiliza-se a mistura de herbicidas, na qual se envolvem o propanil (atividade apenas pós-emergente) com outro que exerce atividade pré-emergência, procurando ampliar o espectro de ação contra o maior número possível de plantas daninhas. A época mais adequada para aplicação dessas misturas é quando a maior parte das plantas daninhas estiver com duas a três folhas. Acima desse estágio, deverão ser usadas doses mais elevadas, o que, possivelmente, ocasionará maiores injúrias às plantas de arroz.

No caso de se utilizar produtos granulados (Ordran GR, Ordran 200 GR, etc.), aplicá-los a lanço, em uma lâmina de água suficiente para cobrir apenas as plantas daninhas, em geral, com duas a três folhas. A planta do arroz deve ter mais de três folhas e permanecer sem movimento de água por mais de três dias.

#### **Escolha do herbicida**

Para o controle mais adequado das plantas infestantes é necessário conhecer a constituição específica da flora e susceptibilidade de cada espécie aos herbicidas de que se dispõem. Havendo alternativas, deve-se levar em consideração o aspecto econômico.

---

### **a) Herbicidas para o arroz de sequeiro (terras altas)**

O controle de plantas daninhas sempre foi um dos gargalos no cultivo do arroz de sequeiro, principalmente em grandes áreas, onde a capina manual é inviável. Logo, os produtores são obrigados a lançar mão do uso de herbicidas em uma ou mais aplicações.

Até meados da década de 1990, o uso de cultivares tradicionais, de porte alto, favorecia o controle das plantas daninhas, atenuando seus efeitos sobre a produtividade de grãos. Com o advento das cultivares de arroz de sequeiro modernas, de porte baixo/médio, folhas parcialmente eretas e menos competitivas com as plantas daninhas, o controle químico passou a ser uma prática quase que obrigatória.

O arroz de sequeiro foi muito utilizado, até a década de 1980 para abertura de novas fronteiras agrícolas, após o desmatamento de áreas sob cerrado, visando à formação de pastagens ou preparando o solo para outras culturas. Nestas condições, plantas daninhas não constituíam problema, dispensando o controle. Hoje, o arroz de sequeiro é cultivado em rotação com soja, feijão, etc. e em áreas com irrigação suplementar (pivô central). Estas áreas são cultivadas por vários anos e apresentam alta infestação de plantas daninhas. Assim, para alcançar uma boa eficiência de controle é necessária a aplicação associada de dois ou mais herbicidas com características diferentes. Uma boa alternativa é a aplicação sequencial de um herbicida em pré e um em pós-emergência, ou de dois pós-emergentes com diferentes espectros de ação, ou ainda de um pré e de dois pós-emergentes em casos de áreas extremamente infestadas e com plantas daninhas de difícil controle.

Para o controle de plantas daninhas de folhas estreitas, bons resultados têm sido observados em doses reduzidas de pendimethalin ou trifluralin 600 em pré-emergência, seguidas da aplicação de fenoxaprop-p-ethyl, também em dose reduzida, em pós-emergência. Os herbicidas pré-emergentes geralmente não exercem bom controle de braquiária (*B. decumbens*) e capim carrapicho (*C. echinatus*) decorrentes dos escapes que ocorrem após 30 dias da aplicação, enquanto o fenoxaprop-p-ethyl (pós-emergente) apresenta deficiência no controle de capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) e capim colchão (*Digitaria horizontalis*). A aplicação sequencial destes produtos, resulta em controle adequado, pois eles se complementam no controle de maior número de espécies daninhas.

Estudos realizados pela Embrapa Arroz e Feijão têm mostrado que, para o controle de plantas daninhas de folhas largas, o herbicida metsulfuron apresenta melhor eficiência de controle quando aplicado no estágio inicial das plantas daninhas (2 a 4 folhas). Já o herbicida 2,4-D necessariamente deve ser aplicado após o estágio de perfilhamento do arroz, ocorrendo aproximadamente 30 dias após a emergência. Os principais herbicidas registrados para o arroz de sequeiro tradicional ou irrigado por aspersão são mostrados na Tabela 22.

O controle químico de plantas daninhas em lavouras de arroz não possui um tratamento padrão; depende das plantas daninhas presentes e do nível de infestação. As doses dos produtos podem ser alteradas em função da infestação, tipo de solo e época de aplicação. A Embrapa Arroz e Feijão apresenta algumas estratégias para o controle de plantas daninhas na cultura do arroz de sequeiro, as quais são mostradas na Tabela 23.

### **b) Herbicidas para o arroz irrigado por inundação (várzeas)**

As plantas daninhas constituem um dos problemas que mais afetam a produtividade do arroz cultivado com irrigação controlada e em várzeas úmidas não sistematizadas. As perdas variam em função do nível de infestação, das espécies predominantes e da duração do período de concorrência. Nestes sistemas de cultivo, o nível de infestação de plantas daninhas é bastante alto e o controle por capinas manuais geralmente é ineficaz e, principalmente, não é realizado em tempo hábil. Assim, o controle químico através do emprego de herbicidas tem sido o método mais amplamente utilizado, sobretudo pela sua praticidade, eficiência e rapidez.

Atualmente, a grande maioria dos produtores de arroz irrigado faz uso de pelo menos uma aplicação de herbicida para o controle de plantas daninhas. Em algumas áreas ou regiões, existe a necessidade de até duas ou três aplicações de herbicidas. Muitos agricultores têm se limitado apenas ao

uso do método de controle químico, resultando, em muitas situações, em baixa eficiência ou insucesso, comprometendo a produtividade do arroz.

Os principais herbicidas recomendados para a cultura do arroz irrigado no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, estados responsáveis por 50% da produção de arroz no Brasil, são apresentados na Tabela 24. Certamente, que os referidos herbicidas podem ser usados em outras regiões do país, entretanto, deve-se considerar as plantas daninhas predominantes em cada região e os sistemas de plantio utilizados.

Para dar uma idéia aos leitores acerca dos custos de várias estratégias de controle químico de plantas daninhas em arroz irrigado e de sequeiro, foram relacionados na Tabela 25 os preços de vários herbicidas tomados em uma revenda de Itajaí-SC (Noldin e Cobucci, 1998).

---

TABELA 22 - Nome comum e correspondente produto comercial dos principais herbicidas utilizados na cultura do arroz de sequeiro ( terras altas).

Nome comum	Nome comercial	Formu- lação <sup>1</sup>	Concen- tração (g i.a./L ou kg)	Dose (kg ou L p.c./ha)	Classe toxicológica	Época de aplicação
• Clefoxydim	Aura	CE	200	0,75	I	Pós
• Fenoxaprop-p-ethyl	Starice	CE	69	0,8	II	Pós
	Whip S	CE	69	0,6	II	Pós
• Fenoxaprop-p-ethyl						
• Metsulfuron-methyl	Ally	GD	600	3,3 a 5 g/ha	III	Pós
• Oxadiazon	Ronstar 250BR	CE	250	3,0 a 4,0	II	Pré/Pósi
	Ronstar SC	SC	400	1,7 a 2,5	III	Pré/Pósi
• Pendimethalin	Herbadox	CE	500	2,0 a 3,0	II	Pré
• Propanil-360	Vários	CE	360	6,0 a 14,0	II	Pós
• Propanil-450	Propanil 450	CE	450	5,0 a 8,0	II	Pós
• Propanil-480	Stam 480	CE	400	4,5 a 7,5	II	Pós
• Trifluralin	Premierlin 600	CE	600	2,0 a 3,0	II	Pré
• 2,4-D-amina 480	Herbi 480	SAC	480	0,75 a 2,0	I	Pós
• 2,4-D-amina 670	Aminol 806	SAC	670	0,75 a 1,5	I	Pós
	DMA 806 BR	SAC	670	0,75 a 1,5		
• 2,4-D-amina 720	U-46 D Fluid	SAC	720	0,75 a 1,0	I	Pós
	2,4-D					
• dicamba	Banvel	CE	480	0,2 a 0,4	III	Pós
• Propanil + thiobencarb	Satanil CE	CE	200 + 400	5,0 a 7,0	III	Pós
• Propanil + 2,4-D	Herbanil 368	CE	340 + 28	6,0 a 10,0	II	Pós
• Propanil + molinate	Arrozan	CE	360 + 360	5,0 a 7,0	II	Pós
• Propanil + pendimethalin	Pendinil	CE	250 + 170	7,0 a 8,0	II	Pós

<sup>1</sup>SA = solução aquosa; CE = concentrado emulsionável; GD = grânulos dispersíveis em água; G = granulado; SC = suspensão concentrada; PM = pó molhável; SAC = solução aquosa concentrada. Fonte: Noldin e Cobucci (1998).

TABELA 23 - Algumas estratégias para o controle de plantas daninhas na cultura de arroz em condições de sequeiro (terras altas)

Estratégias de aplicação	Ingrediente ativo		Dose <sup>1</sup> (g/ha)		Indicações
	Pré-emergência	Pós-emergência	Pré-emergência	Pós-emergência	
1	Trifluralin 600	20 a 25 dias metsulfuron-methyl	1200-1800	20 a 25 dias 2,4-D	Infestação mista e regular
2	Trifluralin 600		1200-1800		Infestação mista e regular
3	Pendimethalin	metsulfuron-methyl	1000-1250	2,4-D	Infestação mista e regular
4	Pendimethalin	fenoxaprop-p-ethyl	1000-1250		Infestação mista e regular
5		2,4-D		84-96	Infestação mista e regular sem a presença de capim pé-de-galinha
6		Fenoxaprop-p-ethyl		2,4-D	Infestação mista e regular sem a presença de capim pé-de-galinha
7	Trifluralin 600	metsulfuron-methyl	1200-1500	2,4-D	Infestação mista com presença acentuada de capim-carrapicho e capim-braquiária
8	Pendimethalin	metsulfuron-methyl	750-1000	2,4-D	Infestação mista com presença acentuada de capim-carrapicho e capim-braquiária
9	Trifluralin 600	fenoxaprop-p-ethyl	1200-1500	60-72	Infestação mista com presença acentuada de capim-carrapicho e capim-braquiária
10	Pendimethalin	fenoxaprop-p-ethyl	750-1000	60-72	Infestação com presença acentuada de capim-carrapicho e capim-braquiária

<sup>1</sup>Doses menores para solos arenosos (pré-emergentes) ou plantas daninhas em estádios iniciais (pós-emergentes).

Fonte: Arroz irrigado (1997).



TABELA 24 - Herbicidas recomendados para a cultura do arroz irrigado.

Nome comum	Nome comercial	Formulação e concentração <sup>3</sup> (g/l ou kg)	Dose de aplicação (kg ou l/ha)	Época de aplicação <sup>4</sup>	Classe toxicológica
Clefoxydim	Aura	CE 200	0,85	pós	I
Bentazon	Basagran 600	SA 600	1,6	pós	II
Bispyribac-sodium <sup>1</sup>	Nominee	SC 400	125 ml/ha	pós	II
Clomazone	Gamit	CE 500	0,8 - 1,4	pré/pósi	II
Cyclosulfamuron <sup>1</sup>	Invest	GD 700	57 g/ha	pós	II
2,4-D Amina	Aminol 806	SA 670	0,5 - 1,5	pós	I
	DMA 806 BR	SA 670	0,5 - 1,5	pós	I
	Erbi D 480	SA 400	0,75 - 2,0	pós	I
	U-46 D Fluid	SA 720	0,75 - 1,0	pós	I
2,4-D Éster	Deferon	CE 400	0,6 - 1,2	pós	II
	Esteron 400 BR	CE 400	0,6 - 1,2	pós	II
	U-46 D Éster	CE 400	0,6 - 1,2	pós	II
Ethoxysulfuron	Gladium	GD 600	100-133 g/ha	Pós	I
Fenoxaprop-p-ethyl	Starice	CE 69	0,8 - 1,0	pós	II
Fenoxaprop-p-ethyl	Whip S	CE 69	0,6	pós	II
Glyphosate <sup>2</sup>	Glion	SA 360	1,0 - 6,0	pós ervas	IV
	Roundup	SA 360	1,0 - 6,0	pós ervas	IV
Metsulfuron-methyl	Ally	GD 600	3,3 g/ha	Pós	III
Molinate	Ordran 720 CE	CE 720	5,0 - 6,0	ppi/pós	II
	Ordran GR	GR 100	30 - 40	pós	II
	Ordran 200 GR	GR 200	12 - 20	pós	II
Oxadiazon	Ronstar 250 GR	CE 250	3,5 - 4,0	pré/pósi	II
Oxifluorfen	Goal BR	CE 240	1,0	pré	II
Pendimethalin	Herbadox 500 CE	CE 500	2,5 - 3,5	pré	II
Propanil	Vários	CE 360	8,0 - 14,0	pós	II
Propanil + 2,4 D	Herbanil 368	CE 340 + 28	8,0	pós	II
Propanil + molinate	Arrozan	CE 360 + 360	5,0 a 7,0	pós	II
Propanil + pendimethalin	Pendinil	CE 250 + 170	7,0 - 8,0	pós	II
Propanil + triclopyr	Stampyr	CE 380 + 40	6 a 10	ppós	I
Propanil + thiobencarb	Grascarb	CE 470 + 200	5,0 - 6,0	pós	IV
	Satanil	CE 200 + 400	6,0 - 8,0	pós	III
Pyrazosulfuron	Sirius	SC 250	60-80 ml/ha	pós	IV
Quinclorac <sup>1</sup>	Facet PM	PM 500	0,75	pós	III
Sulfosate <sup>2</sup>	Zapp	SA 380	1,0 - 6,0	pós ervas	IV
Thiobencarb	Saturn CE 500	CE 500	8,0 - 10,00	pré/pósi	II

<sup>1</sup>Adicionar 1,0 l/ha de adjuvante específico na dose recomendada.

<sup>2</sup>Produto não seletivo ao arroz, a aplicar antes da semeadura no sistema de semeadura direta. As doses aumentam em função do estágio de desenvolvimento e da dificuldade de controle das plantas.

<sup>3</sup>SA - solução aquosa; SC = suspensão concentrada; CE = concentrado emulsionável; GD = grânulos dispersíveis em água; GR = granulado; PM = pó molhável.

<sup>4</sup>Pósi - pós-emergência inicial

Fonte: Adaptado de arroz irrigado (1997).

TABELA 25 - Custo de alguns tratamentos herbicidas comumente utilizados no controle de plantas daninhas em arroz irrigado (várzeas) e sequeiro (terras altas). Ano de referência, 1997.

Tratamento Herbicida	Dose (p.c./ha)	Método de aplicação <sup>1</sup>	Custo (R\$) <sup>2</sup>	Custo total (R\$/ha)	Custo (sacos arroz/ha) <sup>3</sup>
<b>Irrigado (Várzeas)</b>					
Propanil	10 L	pós	62,00	62,00	4,5
Satanil	6 L	pós	48,00	48,00	3,4
Satanil/Sirius	5 L / 60 ml	pós	40,00/27,00	67,00	4,8
Facet	750g	pós	75,00	75,00	5,4
Ronstar 250/Sirius	3 L / 60 ml	pré/pós	50,00/27,00	77,00	5,5
Ronstar 250/Ally	3 L / 4 g	pré/pós	50,00/7,00	57,00	4,1
Sirius	70 ml	pós	32,00	32,00	2,3
Facet + Sirius	500 + 60 ml	pós	50,00 + 27,00	77,00	5,5
Propanil + Gamit	8 L + 0,8 L	pósi	62,00 + 36,00	98,00	7,0
Propanil + Herbadox	8 L + 2,5 L	posi	62,00 + 25,00	87,00	6,2
Zapp	3 L	-	32,00	32,00	2,3
Roundup	4 L	-	38,00	38,00	2,7
Roundup + Herbadox	4 L + 2,5 L	-	38,00 + 25,00	63,00	4,5
Roundup/Facet	4 L / 750 g	pós	38,00/75,00	113,00	8,1
Ordran + Ally	4 L + 4 g	pós	52,00 + 7,00	59,00	4,2
<b>Sequeiro (Terras altas)</b>					
Ronstar 250 + Propanil	3 L + 10 L	pósi	50,00 + 62,00	112,00	8,0
Ronstar 250/2,4-D	4 L / 1 L	pré/póst	66,00/9,00	75,00	5,4
Propanil + 2,4-D	10 L + 1 L	pós	62,00 + 9,00	71,00	5,1
Ronstar/Whip S	3 L / 0,8 L	pré/pós	50,00/32,00	82,00	5,8
Premierlin/Whip S	3 L / 0,8 L	pré/pós	24,00/32,00	56,00	4,0
Premierlin/2,4-D	3 L / 1 L	pré/pós	24,00/9,00	33,00	2,4
Premierlin/Ally	3 L / 4g	pré/pós	24,00/7,00	31,00	2,2
Herbadox/Ally	2,5 L / 4 g	pré/pós	25,00/7,00	32,00	2,3
Herbadox/2,4-D	2,5 L / 1 L	pré/pós	25,00/9,00	34,00	2,4
Ronstar 250/Ally	4 L / 4 g	pré/pós	66,00/7,00	73,00	5,2
Premierlin/Ally/WhipS	2 L / 4 g / 0,6 L	pré/pós/ pós	16,00/7,00/ 24,00	47,00	3,3
Herbadox/Ally/WhipS	1,5 L / 4 g / 0,6 L	pré/pós/ pós	15,00/7,00/ 24,00	46,00	3,3
Premierlin/ Whip S / 2,4-D	2 L / 0,6 L / 1 L	pré/pós/ pós	16,00/24,00/ 9,00	49,00	3,5

<sup>1</sup>Pósi - pós-emergência inicial; póst - pós-emergência tardia.<sup>2</sup>Preços de agosto de 1997, em uma revenda de Itajaí, SC;<sup>3</sup>Preços sofreram alterações após desvalorização do dólar em janeiro de 1999.<sup>3</sup>Preço do arroz = R\$14,00/50 kg.

Fonte: Noldin e Cobucci (1998).

## 19 PRAGAS E SEU CONTROLE

O fato de o arroz ser cultivado em condições de sequeiro (terra altas) e em condições irrigadas por inundação ou não irrigadas (várzeas), faz com que haja variação na incidência de pragas sobre esta cultura, principalmente aquelas que ocorrem no solo. As pragas da parte aérea geralmente são as mesmas nos diferentes sistemas de cultivo.

### Principais pragas do arroz de sequeiro e seu controle

Merecem destaque no cultivo do arroz de sequeiro os cupins subterrâneos e a lagarta-elasmô que, no mínimo, podem causar juntos cerca de 13% de redução na produção. Em ataques muito severos, os danos da elasmô podem chegar a 100% de perdas, sendo necessário o replantio. Dentre as pragas da parte aérea, vêm se destacando as cigarrinhas que, no estágio adulto, migram das pastagens para as plantas do arroz, causando danos consideráveis, principalmente se atacarem as plantas até os 45 dias de idade.

- **Cupins** (termitas, aleluias, siriris, etc)

São insetos de hábito subterrâneos que constroem pequenas câmaras localizadas em profundidades variáveis, partindo da superfície do solo. As infestações de cupins são mais intensas em solos arenosos, de baixa umidade, anteriormente ocupados com gramíneas e em áreas sob plantio direto. Alimentam-se das sementes e do sistema radicular das plântulas, destruindo-os total ou parcialmente. As plantas atacadas são reconhecidas pelo aspecto seco e pela facilidade com que se desprendem do solo quando puxadas ou ainda pelo rápido enrolamento das folhas, nas horas de sol.

- **Lagarta-elasmô** (broca-do-colo)

É uma praga séria do arroz de sequeiro, principalmente em solos de cerrado cultivados no primeiro ano e em anos secos (estiagens). Solos arenosos anteriormente ocupados com gramíneas (braquiária, cana-de-açúcar, etc.) também favorecem o seu desenvolvimento.

A lagarta perfura os colmos na região do colo, produzindo galerias que atingem as folhas centrais que, em consequência, secam, o que dá origem ao nome de "coração-morto" (sintoma característico do ataque da lagarta-elasmô).

Uma planta atacada pela elasmô apresenta o sistema radicular normal, no que difere de uma planta atacada por cupins, que é facilmente arrancada com as mãos por ter as raízes danificadas.

- **Cigarrinha-das-pastagens**

As cigarrinhas desenvolvem-se nas pastagens e depois migram para o arroz, onde raramente se observa a presença de ninfas. Os danos em plantas de arroz são causados apenas pelas cigarrinhas adultas, que sugam a seiva nas folhas e colmos. Os sintomas de ataque caracterizam-se pelo amarelecimento e secamento das folhas, por ação toxicogênica, seguidos de morte das plantas, principalmente das mais novas.

### Medidas de controle:

#### a) Tratamento químico de sementes

---

O tratamento de sementes utilizando Carbofuran, tiodicarbe, entre outros (Tabela 26), na dosagem de 1,5 L /100 kg de sementes resolve 60% dos problemas de pragas do arroz (incluindo as três descritas anteriormente).

Para o cupim, pesquisas têm demonstrado que o tiodicarbe apresentou uma eficiência de controle da ordem de 88% por duas semanas e 83% por três semanas após o plantio. Para a lagarta-elasma, a eficiência de controle está em torno de 80% aos 14 dias e de 70% aos 30 dias após o plantio.

TABELA 26 - Inseticidas indicados para o controle de insetos em arroz.

Inseticida <sup>1</sup>	Dose i.a. (g/ha ou g/100 kg sem.)	Classe toxicológica	Período de carência (dias)	Insetos Controlados <sup>3</sup>
Carbofuran 50 G	750 a 1.000	I	30	5
Triclorfon 500 SC	500 a 1.000	II	7	1, 3, 6
Carbaryl 850 PM	1.000 a 1.300	II	14	1, 3, 5, 6
Carbaryl 480 SC	900 a 1.100	II	14	1, 5, 6
Carbaryl 75 P	1.000 a 1.200	III	14	1, 3, 5, 6
Cypermethrin 200 CE	10 a 14	II	11	1
Cyfluthrin 50 CE	7 a 10	I	20	1,3
Deltamethrin 25 CE	5 a 12	II	37	1,5
Fenvalerate 200 CE	60 a 90	I	21	1
Lambdacydothrin 50 CE	7,5	II	14	1
Permethrin 384 CE	25	II	20	1
Malathion 500 CE	1.000 a 1.250	III	7	1,3
<i>Bacillus thuringiensis</i>	13 a 20	IV	1	1
Fenitrothion 500 CE	650 a 1.250	II	14	1, 2, 3, 6
Parathion metil 600 CE	210 a 400	I	15	1, 3
Carbofuran 350 SC <sup>2</sup>	525 a 550	I	-	4, 6, 8
Thiodicarb 350 SC <sup>2</sup>	525 a 600	II	-	4,6,7,8
Carbosulfan 350 TS <sup>2</sup>	525 a 700	II	-	4, 6, 8
Furathiocarb 400 C <sup>2</sup>	320	III	-	6
Thiamethoxam 700ws	70 a 100	-	-	4,5,6,8
Esfenvalerate 25 CE	25	I	21	1

<sup>1</sup> Ao usar herbicida à base de propanil, não se deve aplicar carbaril; ao aplicar inseticida carbamato nos sulcos de plantio ou nas sementes, devem-se esperar 20 a 30 dias para aplicar propanil. Inseticidas fosforados devem ser aplicados dez dias antes ou depois da aplicação de propanil.

<sup>2</sup> Tratamento de sementes.

<sup>3</sup> 1=lagarta-das-folhas; 2= broca-do-colmo; 3= percevejos; 4= cigarrinhas; 5= bicheira-da-raiz (gorgulhos aquáticos); 6= broca-do-colo; 7= cascudo preto; 8= cupim;

Fonte: Ferreira (1998); Embrapa (1992)

Sementes tratadas com Carbofuran ou Tiodicarbe protegeram as plantas contra cigarrinha das pastagens com uma eficiência 80% aos 14 dias e de 70% aos 21 dias após a germinação. Acresce-se ainda que esses produtos dão alguma proteção contra nematóides.

Produtos à base de fipronil têm excelente eficácia contra cupins, formigas e coleópteros de modo geral. A dosagem recomendada é de 200 a 250 ml/100 kg de sementes.

## b) Controle cultural

**- Cupins**

- . evitar semear arroz em áreas antes ocupadas por gramíneas;
- . rotação de culturas com leguminosas.

**- Lagarta-elasma**

- . evitar semeadura escalonada;
- . destruição de restos culturais;
- . efetuar a semeadura em solo úmido.

**- Cigarrinha-das-pastagens**

- . evitar semear próximo à pastagens de gramíneas suscetíveis;
- . ajustar a época de semeadura;
- . incorporação profunda dos restos culturais.

**c) Controle químico**

Para a lagarta-elasma, recomenda-se, caso necessário, o tratamento da parte aérea das plantas com produtos à base de Carbaryl, Fenitrothion, Malathion, Parathion metílico, Deltametrina, etc. Maiores detalhes consultar Tabela 26.

Para cigarrinha (adulto), pulverizar com produtos à base de Malathion, Sumithion, Dipterex, etc.

**d) Controle físico**

Para a lagarta-elasma, recomenda-se o uso de armadilhas luminosas associadas com feromônio sexual.

**Outras pragas de importância relativa menor****• Lagarta-das-folhas**

- *Mocis latipes* - conhecida como lagarta dos capinzais, curuquerê dos capinzais ou lagarta mede-palmo.

- *Spodoptera frugiperda* - conhecida como lagarta militar, lagarta dos milharais ou lagarta do cartucho do milho.

**• Brocas-do-colmo - *Diatraea saccharalis*****Medidas de controle****a) Cultural**

- Destruição de restos culturais; no caso da broca do colmo, evitar plantio próximo a canaviais.

**b) Controle físico**

- Uso de armadilhas luminosas

**c) Controle químico**

---

- Pulverização da parte aérea com os seguintes produtos: Carbaryl, Fenitrothion, Parathion metílico, Deltametrina (Decis), etc. (Tabela 26)

- **Percevejo-do-grão** (*Oebalus poecilus*, *O. ypsilongriseous* e *O. griseus*)

Ataca as panículas (grãos) e possui nomes vulgares como chupão, chupador, frade, etc. O *Oebalus poecilus* é de ocorrência mais comum na região centro-sul do Brasil. Em Minas Gerais, tem-se observado surto epidêmico no arroz irrigado na região do Vale do Rio Doce.

Controle químico - consultar produtos e dosagens na Tabela 26.

### Pragas do arroz armazenado

- **Gorgulho-dos-grãos-armazenados** (*Sitophilus zeamais* e *S. oryzae*)

#### Medidas de controle

- a) varietal - utilizar cultivares de casca perfeita, sem abertura da lema e pálea.
- b) mecânico - armazenamento do arroz em casca.
- c) químico - expurgo com fosfeto de alumínio ou magnésio e, para evitar reinfestação, misturar aos grãos produtos à base de Malation, DDVP CE (Diclorvós) e K-obiol 2,5 CE.

- **Traça-dos-cereais** (*Sitotroga cerealella*)

As medidas de controle são as mesmas dos gorgulhos-dos-grãos-armazenados.

### Principais pragas do arroz irrigado e seu controle

As diversas pragas do arroz de sequeiro também atacam o arroz irrigado em graus diferenciados. Todavia, há uma que é específica do arroz irrigado, que é a bicheira da raiz, causada pelos gorgulhos aquáticos *Oryzophagus oryzae* e *Lissohoptrus tilialis*.

As plantas atacadas ficam menores, amarelecidas e com a extremidade das folhas murchas. O ataque geralmente ocorre em reboleiras.

### Medidas de controle

#### a) Cultural

- destruição de restos culturais;
- manter lâmina d'água uniforme em toda a área;
- retirada da água por um período de 7 a 15 dias.

**b) Varietal** - utilizar cultivares perfilhadoras por tenderem a apresentar maior volume radicular.

#### c) Químico

- tratamento de sementes com carbofuran (Furadan 350 TS);
- aplicar nas reboleiras a lanço inseticidas sistêmicos granulados (carbamato).

Em geral, usa-se Furadan 50 G. Não deixar a água sair da lavoura pelo menos durante uma semana.

Os principais inseticidas indicados para o controle de pragas em arroz, bem como dosagem do ingrediente ativo, classe toxicológica, período de carência e insetos controlados, são mostrados na Tabela 26.

---

## 20 DOENÇAS E SEU CONTROLE

As doenças de importância econômica no Brasil são relativamente poucas, mas são bastante prejudiciais. As doenças, em ordem de importância pelos danos causados, são: brusone (*Pyricularia grisea*), mancha-parda (*Drechslera oryzae* syn. *Helminthosporium oryzae*), escaladura (*Gerlachia oryzae* syn. *Rhynchosporium oryzae*) e queima das glumelas (*Phoma sorghina*).

Entre as doenças de menor importância econômica destacam-se: mancha estreita (*Cercospora oryzae*); mal-do-colo (*Fusarium oxysporum*), carvão das folhas, carvão verde ou falso carvão. As doenças causadas por nematóides incluem o nematóide formador de galhas (*Meloidogyne javanica*) e ponta branca (*Aphelenchoides besseyi*). Das doenças causadas por bactérias pode-se citar a podridão da bainha, causada pela *Pseudomonas* spp. Doenças viróticas ainda não foram registradas no Brasil.

### • Brusone

É a mais importante doença do arroz. Afeta toda a parte aérea das plantas, incluindo as folhas, os colmos, os nós do colmo, as várias partes dos cachos ou panículas e os grãos.

Nas folhas, a brusone afeta o crescimento e o desenvolvimento da planta e nas panículas, é o responsável pela redução de peso e esterilidade parcial ou total dos grãos. Já foram registradas perdas de 100% em uma lavoura de aproximadamente 300 ha plantada com a cultivar IAC 165, em 1983, no estado de Mato Grosso.

**Sintoma** - nas folhas, aparecem inicialmente pequenos pontos castanhos, que logo aumentam de tamanho e atingem 2 cm de comprimento por 0,5 cm de largura. As lesões típicas têm a forma elíptica, em forma de olho, com centro geralmente cinza e os bordos de cor marrom, às vezes circundados por um halo amarelado. Com o aumento do número e do tamanho das lesões, as manchas podem juntar-se e queimar toda a área foliar, provocando a morte das plantas na fase vegetativa.

Nos nós do colmo aparecem manchas de cor marrom e, nos entrenós, manchas semelhantes às lesões das folhas. O fungo causa necrose total da parte atingida, impedindo a circulação da seiva. Os cachos de colmos infectados são brancos.

A infecção do nó da base da panícula é mais conhecida como **brusone do pescoço**. Os cachos atacados logo após a emissão e até a fase leitosa ficam totalmente chochos, enquanto que aqueles atacados mais tarde sofrem redução no peso dos grãos. O fungo afeta também todas as ramificações dos cachos, provocando a formação de grãos chochos nas partes atacadas.

O fungo *Pyricularia grisea* é transmitido por sementes e ele permanece nos restos culturais de um ano para outro. O vento favorece sua rápida disseminação de um local para outro.

A severidade da brusone é mais alta no arroz de sequeiro do que no irrigado e entre as causas podem-se destacar:

a) maior deposição do orvalho em períodos prolongados (maior amplitude de temperatura noturna e diurna);

b) deficiência hídrica afeta a silicificação da epiderme das folhas e colmos e o metabolismo do N e carboidratos.

Plantas submetidas a deficiências hídricas, geralmente apresentam um aumento nos teores de N nas folhas e panículas, aumento nos teores de açúcar e redução no de amido, o que favorece a ocorrência de brusone.

A incidência de brusone é menor em anos chuvosos, pois a planta cresce mais rápido do que o desenvolvimento do fungo. A ocorrência de chuvas durante o enchimento dos grãos também reduz a severidade da brusone nas panículas.

As três principais fontes de inóculo primário são: sementes infectadas, restos culturais e

esporos de lavoura infectada disseminados pelo vento.

As condições que favorecem a brusone são: o excesso de adubação nitrogenada no plantio, o espaçamento apertado, a alta densidade de semeadura, a deposição do orvalho por períodos prolongados e as condições de baixa luminosidade.

### Medidas de controle da brusone

- **Varietal** - o método mais fácil e econômico é o uso de cultivares resistentes ou, pelo menos, tolerantes. A maioria das cultivares plantadas no país apresenta resistência vertical, cuja eficiência de controle tem sido superada após períodos curtos de tempo (três a cinco anos).

#### - Cultural

- . plantio cedo, mês de outubro, no início das chuvas;
- . uso de cultivares precoces;
- . maior espaçamento e menor densidade de semeadura;
- . semear no sentido contrário ao vento dominante (áreas extensas)

#### - Químico - Só nos ambientes de alta pressão de brusone

Para o tratamento de sementes, utilizar o Pyroquilon (Fongorene) ou o Thiabendazol (Tecto).

Para aplicação na parte aérea:

**a) Arroz irrigado** - efetuar duas aplicações de fungicida na parte aérea, sendo a primeira no emborrachamento tardio, até 5% de emissão de panículas e, 10 ou 15 dias após, dependendo do poder residual do fungicida usado ou das condições do clima, a segunda pulverização.

No caso de utilizar produto granulado na água de irrigação indica-se uma aplicação, 7 a 10 dias antes da emissão da panícula.

**b) Arroz de sequeiro** - pode-se recomendar uma aplicação de produtos sistêmicos, na época da emissão de panículas (5 a 10% emitidas).

Quanto ao produto químico, usar preferencialmente aqueles de atividade sistêmica, como tricyclazole (Bim), benomyl (Benlate), IBP (kitazin), etc. No tratamento na água de irrigação, usar o IBP (kitazin GR). Para maiores informações, observar Tabelas 27 e 28.

TABELA 27 - Fungicidas indicados para tratamento de sementes.

Nome Técnico	Fungicidas		Doenças*		
	Nome comercial	Dose P.C. (g/100kg sem.)	Brusone	Mancha parda	Outros**
Carboxin	Vitavax	250 a 300	+	-	+
Carboxin + Thiram	Vitavax + Thiram	250 a 300	+	+	+
Thiabendazol	Tecto 100	200 a 300	+	-	+
Pyroquilon	Fongorene	800	+	-	-

\*Os sinais + e - significam que o fungicida é indicado e não-indicado para o controle da doença,



respectivamente.

\*\*Outros fungos associados com sementes.

Fonte: Ferreira (1998); Embrapa (1992); Embrapa (1996)

TABELA 28 - Fungicidas indicados para aplicação na parte aérea.

Fungicida		Doença**			
Nome técnico	Nome comercial	Dose P.C. (kg ou l/ha)	Brusone	Mancha- parda	Mancha- estreita
Benomyl*	Benlate	0,5	+	-	-
Chlorothalonil	Bravonil/Daconil/Vanox	2,5 a 3,0	-	+	-
Edifenfos	Hinosan	1,2	+	-	+
Fentin Acetato	Brestan	1,0 a 1,5	+	+	-
	Hokko Suzu	1,5	+	-	-
Fenitín Hidroxida	Brestanid/Mertin	1,0	+	+	-
IBP*	Kitazin	1,0	+	-	-
Kasugamicina	Kasumin	1,0	+	-	-
Mancozeb	Dithane M-45	4,5	+	+	+
	Manzate	2,0	+	+	+
Tebuconazole*	Folicur	0,9	+	+	-
Thiabendazole*	Tecto 600	0,5	+	-	+
Tricyclazole*	Bim 75	0,3	+	-	-

\*Fungicida com atividade sistêmica

\*\*Os sinais + e - significam que o fungicida é indicado e não-indicado para o controle da doença, respectivamente.

Fonte: Ferreira (1998); Embrapa (1992); Embrapa (1996)

#### • Mancha-parda

É uma doença bastante prejudicial ao arroz, causando redução na produção e na qualidade dos grãos, sobretudo o rendimento de engenho.

Ataca as folhas geralmente durante ou logo após a fase de floração e, mais tarde, os grãos.

**Sintoma** - nas folhas, as manchas são tipicamente ovais ou arredondadas, em geral de coloração marrom com centro acinzentado ou esbranquiçado. Os sintomas podem ser confundidos com os da brusone e, às vezes, só o exame de laboratório poderá identificar com certeza o agente causal.

Nos grãos, as manchas têm coloração marrom-escura e muitas vezes se juntam cobrindo o grão inteiro. Em ataques severos, todos os grãos da panícula são manchados, resultando na formação de grãos chochos ou na redução do peso dos mesmos. No beneficiamento, os grãos totalmente manchados apresentam gessamento e coloração escura, o que afeta sua qualidade.

O fungo é transmitido principalmente pelas sementes infectadas e pode sobreviver por três anos ou mais, nos grãos, no solo ou nos restos de cultura. As sementes muito infectadas sofrem redução do poder germinativo.

A susceptibilidade da planta à mancha parda aumenta com a idade e as espiguetas são mais sensíveis à infecção nas fases de floração e leitosa.

A doença, em geral, está associada com cultivo de solos pobres em potássio e nitrogênio, sendo favorecida por excessos de chuva durante a maturação das panículas e por condições de baixa luminosidade.

**Controle:** usar sementes não contaminadas, cultivares tolerantes, adubação equilibrada e, eventualmente, controle químico (Tabelas 27 e 28).

- **Escaldadura da folha**

Esta doença vem assumindo importância econômica no Brasil, embora seja menos prejudicial do que a brusone e a mancha-parda. Em geral, aparece no estágio de emborrachamento e aumenta de intensidade até a fase de maturação.

**Sintoma:** manchas oblongas que se iniciam na extremidade apical (ponta das folhas) em direção à base e pelos bordos da lâmina foliar, com uma formação típica de áreas concêntricas alternadas, de coloração mais clara e mais escura. À medida que aumenta a superfície coberta pela mancha, ocorre o secamento da área e a morte das folhas. Em condições desfavoráveis, a escaldadura afeta também as bainhas, produzindo manchas semelhantes.

Quanto às condições que favorecem a sua ocorrência, são bastante semelhantes àquelas que favorecem a brusone. No cerrado, a escaldadura ocorre mais frequentemente no primeiro ano de plantio.

As sementes infectadas com o fungo transmitem a doença.

Para o seu controle, indicam-se cultivares tolerantes, sementes livres do fungo e adubação nitrogenada equilibrada. Também recomenda-se a eliminação de gramíneas hospedeiras, o tratamento de sementes e/ou da parte aérea com fungicidas (Tabelas 27 e 28).

- **Queima das glumelas**

É de ocorrência esporádica e, às vezes, pode atingir proporções epidêmicas, quando a emissão das panículas coincide com períodos de chuvas contínuas. A doença provoca, além do mal aspecto, a redução na qualidade dos grãos.

O fungo ataca as espiguetas desde o início da emissão até o estágio de grão maduro. Quando ocorre infecção inicial, as panículas emergem com grãos manchados.

**Sintoma:** as manchas, na infecção inicial, são de coloração marrom-avermelhado. Iniciam-se na extremidade apical e gradualmente tomam todo o grão. Quando a infecção ocorre após a

emergência das panículas, observam-se manchas isoladas de coloração marrom-avermelhado com presença de centro esbranquiçado, no qual são observadas estruturas do fungo - os picnídios.

O ataque severo pode afetar a formação dos grãos. Contudo, na maioria dos casos, os grãos atacados apresentam-se parcialmente formados.

O fungo pode sobreviver no solo e nos restos culturais. As sementes infectadas transmitem o fungo e constituem fonte de inóculo. Podem ser disseminados pelo vento e pelas chuvas.

**Controle** - recomenda-se o uso de cultivares tolerantes e plantio em época normal de semeadura.

Até o momento, não existe fungicida disponível com controle satisfatório dessa doença.

As Tabelas 27 e 28 relacionam os principais fungicidas e dosagens indicados, respectivamente, para o tratamento de sementes e para aplicação na parte aérea do arroz.

## 21 COLHEITA, SECAGEM E ARMAZENAMENTO

---

## Colheita

O arroz atinge a maturidade fisiológica quando seus grãos estiverem com 28% a 30% de umidade. A partir de então, o produto fica "armazenado" no campo, à espera de atingir a umidade compatível com o equipamento de colheita, com as características de degrana da cultivar e com as instalações de secagem.

A determinação do "ponto ideal" ou momento correto para se efetuar a colheita é de extrema importância para o arroz, uma vez que a colheita precoce ou tardia implica em sérios prejuízos por afetar diretamente a qualidade do produto.

A colheita deve ser processada quando os grãos apresentarem 20% a 22% de umidade e nunca exceder os limites de 18% a 24% de umidade. Os principais prejuízos causados pela colheita com umidade inadequada são:

- **Colheita precoce** (mais de 24% de umidade)
  - maior percentagem de espiguetas vazias (menor produção de grãos);
  - maior percentagem de grãos gessados;
  - problemas de limpeza e perdas na bateadura (menor produção de grãos).
- **Colheita tardia** (menos de 18% de umidade)
  - trincamento de grãos (menor % de inteiros do beneficiamento);
  - maior debulha natural;
  - maior acamamento.

Ademais, a colheita tardia expõe a lavoura a riscos climáticos e ao ataque de insetos, doenças e pássaros, reduzindo a produção.

Na prática, determina-se o ponto adequado de colheita quando cerca de 2/3 da panícula apresentam espiguetas com a coloração típica da cultivar ou quando os grãos ficam duros e resistem à penetração da unha.

## Modos de colheita

- **Colheita manual** - ainda é muito utilizada no Brasil, principalmente por pequenos agricultores. Consiste em cortar as plantas a 15 a 20 cm do solo, formar feixes, trilhar ou emedar. A trilha pode ser manual (bateção), mecânica (trilhadeira) ou ainda utilizando pisoteio de animais ou trator.
- **Colheita mecânica** - é feita com colhedoras automotrizes que realizam o corte e trilha imediata numa só operação. É, hoje, o método mais utilizado, sobretudo para grandes áreas cultivadas.

Um outro aspecto importante a se considerar é o horário da colheita. Deve-se evitar que ela se realize pela manhã, quando os grãos ainda se encontram umedecidos pelo orvalho. Em geral, recomenda-se que se inicie a colheita a partir das 10:00 horas da manhã.

Se ocorrer chuva, deve-se esperar que o arroz fique seco para efetuar a colheita.

## Secagem

A operação de secagem, parte importante do processamento que antecede a armazenagem, visa, basicamente, a reduzir o teor de água do produto a valores considerados como adequados à sua

---

conservabilidade. No caso de o arroz ser armazenado a granel, a umidade final de secagem dos grãos ou semente deve ser de 13% a 14% e, se for em sacos, 14% a 15%.

A secagem deve ser imediata ou, no máximo, 24 horas após a colheita, pois o arroz recém-colhido com alto teor de umidade provoca o aquecimento natural da massa de grãos (fermentação).

Há duas fases distintas na secagem do grão. Em uma fase, a umidade é transferida de dentro do grão para a superfície do mesmo. Na outra fase, a umidade é evaporada da superfície do grão. Uma secagem inadequada reduzirá drasticamente a qualidade do arroz beneficiado e, principalmente, se for semente, pois poderá provocar a morte da mesma.

A difusão da umidade do interior do grão até a parte externa é relativamente lenta. Secagem rápida provoca diferença de umidade no seu interior, causando tensões e reações que podem provocar a ruptura do grão.

## Métodos de secagem

Para se processar a secagem, pode-se utilizar o método de secagem natural ou ao sol ou secagem artificial por meio de secadores ou silo-secador.

- **Secagem ao Sol**

Para pequenas áreas ou volume de produção, é feita em terreiros, normalmente cimentados ou forrados com lona ou outro material. Pressupõe a disposição do produto em camadas mais ou menos delgadas; quando o produto está úmido, a espessura da camada deverá ser de 4 a 5 cm e, à medida que a seca avança, o arroz deverá ser espalhado em camadas mais espessas (8 a 10 cm).

Como o arroz exposto ao sol, nestas camadas, atinge 45° a 55°C, o que poderá provocar o trincamento, é conveniente que seja revirado com frequência. Ao anoitecer, recomenda-se amontoar a massa do produto e cobri-la com lona plástica para evitar a reabsorção de água pela maior U.R. do ar e orvalho. A duração dessa seca é variável, dependendo das condições climáticas e da umidade que o grão chega ao terreiro. Normalmente, varia de 3 a 24 horas.

- **Secagem artificial (secadores)**

O princípio desse método é o de que, aumentando a temperatura do ar, a sua umidade relativa diminui e, conseqüentemente, aumenta sua capacidade de absorver água dos grãos. Embora o aumento de temperatura torne mais rápida a secagem, a adoção de elevadas temperaturas pode causar choque térmico e, conseqüentemente, trincamento do grão do arroz.

A secagem artificial pode ser feita por meio de três processos, de acordo com o fluxo do produto no secador:

**a) Secagem estacionária** - o produto é colocado em silos dotados de ventiladores, onde permanece estático e o ar quente é forçado a passar, periodicamente, através dele. A temperatura do ar de secagem não deve exceder a 40°C, se o produto for semente ou 45°C se for grão, para não afetar a qualidade do produto. Nesses casos, a temperatura da massa de grãos não deve ultrapassar a 37°C nas sementes e nem superar os 42°C nos grãos para consumo.

Em silo-secador de fluxo axial, utilizar, no mínimo, fluxo de 11 m<sup>3</sup> de ar por tonelada de grãos por minuto para secagem com ar aquecido e 18 m<sup>3</sup>/t/min. para secagem com ar a temperatura ambiente, dependendo, todavia, da espessura da camada e da temperatura do ar de secagem ou do ambiente, se for o caso.

**b) Secagem contínua** - nos secadores contínuos, os grãos se movem enquanto a massa de

ar passa através deles. Apesar de se fazer do uso de altas temperatura do ar de secagem (80° a 120°C), o produto não apresenta danos fisiológicos ou trincamentos, uma vez que a sua temperatura não ultrapassa a 40°C, devido à elevada taxa de evaporação e do curto tempo de exposição à ação da temperatura. Cabe esclarecer que não é comum a secagem de arroz em sistema contínuo, pela alta sensibilidade do grão aos choques e danos térmicos, característicos desse processo. É possível utilizá-lo quando o arroz se destinar à parboilização. Não é recomendável a secagem de sementes em sistema contínuo.

**c) Secagem intermitente** - O produto sofre a ação do calor, em intervalos curtos e alternados, com períodos maiores de repouso para permitir o resfriamento e homogeneização da umidade por toda a massa. Esse é o método de secagem artificial mais recomendável, uma vez que atenua o trincamento dos grãos, devido à homogeneização da umidade da massa.

Em qualquer dos métodos de secagem deve ser evitada a remoção brusca da água. Esta deve ser harmônica durante todo o processo e não deve ultrapassar a 2% por hora, durante toda a operação, a qual deve situar-se entre 4 e 8 horas ou 6 e 12 horas, em grãos ou sementes, respectivamente, para manter controlados os danos térmicos e os mecânicos.

Na operação de secagem intermitente, observar os limites constantes na Tabela 29.

TABELA 29 - Controles operacionais e limites de temperatura para secagem intermitente de sementes e grãos de arroz

Fase da operação	Comportamento operacional	Semente	Grãos
Durante a 1ª hora	Elevar gradualmente a temperatura do ar	até 40° ± 5°C	até 70° ± 5°C
Entre a 1ª e a 2ª hora	Elevar gradualmente a temperatura do ar	até 50° ± 5°C	até 90° ± 5°C
Entre a 2ª e a 3ª hora	Elevar gradualmente a temperatura do ar	até 60° ± 5°C	até 110° ± 5°C
Da 3ª até penúltima hora	Manter constante a temperatura	em 60° ± 5°C	até 110° ± 5°C
Durante a última hora	Reduzir a temperatura do ar para aproximá-la da do produto, diminuindo-a gradualmente até a temperatura ambiente	próxima a 37°C	próxima a 42°C

Fonte: Arroz irrigado (1997)

Observações:

- Evitar aumentos e/ou reduções bruscas de temperatura do ar durante a secagem.
- Gradientes térmicos (grãos-ar) superiores a 13 °C aumentam os riscos de trincamento e de fissuras em grãos.

## Armazenamento

A armazenagem tem por objetivo manter as características biológicas, químicas e físicas que o produto possui após a colheita e secagem, evitando sua deterioração.

**Causas da deterioração:** durante o armazenamento, o arroz sofre alterações causadas pela ação fisiológica do próprio grão e por influências biológicas e físicas do meio. Dos fatores físicos, a umidade e a temperatura são as que mais influenciam na longevidade e valor comercial do produto.

- **Umidade** - para o arroz em casca, o armazenamento em ambiente com U.R. superior a 70% a 75% mostra-se inadequado. Isto porque o teor máximo de umidade do grão para uma armazenagem segura é de 13% para um período de até 6 meses, ou de 12% para períodos superiores a seis meses.
- **Temperatura** - a temperatura influencia na preservação do arroz armazenado por afetar a

velocidade dos processos bioquímicos do produto e dos insetos e microrganismos a ela associados. Temperatura acima de 21°C favorece o desenvolvimento de insetos e fungos. Portanto, a temperatura de armazenamento deve ser a mais baixa possível.

### Sistemas de armazenagem

A armazenagem do arroz em casca pode ser realizada em sacos ou a granel. Do ponto de vista técnico, os dois sistemas poderão dar bons resultados se conduzidos convenientemente.

Na armazenagem em sacarias, deve-se observar o seguinte:

- utilizar estrados para evitar o contato direto da sacaria com o piso;
- formar pilhas mantendo uma distância de  $\pm 60$  cm entre si e entre as paredes do armazém;
- evitar pilhas muito grandes a fim de não dificultar os expurgos;
- estabelecer um sistema eficiente de combate a insetos e roedores;
- não estocar adubo, inseticidas e outros produtos químicos que possam alterar o odor ou paladar do arroz.

A armazenagem do arroz a granel não constitui ainda uma prática difundida no Brasil. Apesar de toda viabilidade técnica e de ser mais econômica do ponto de vista operacional, se depara com um sistema de classificação comercial que estabelece, para uma mesma cultivar, uma variação muito grande entre classes e tipos. Isso demandaria grandes quantidades de pequenos silos para armazenagem de produtos com características semelhantes.

Entretanto, na fazenda, que geralmente produz grão de uma mesma cultivar, onde o material não foi classificado, a armazenagem a granel é perfeitamente viável e econômica.

## 22 BENEFICIAMENTO

O processo de beneficiamento compreende as operações de entrada dos grãos de arroz no depósito da máquina, limpeza, descascamento, brunimento e a saída do grão limpo e classificado, visando à melhoria da qualidade dos grãos.

O beneficiamento é realizado portanto, baseando-se em diferenças existentes entre as características físicas dos grãos em questão e as impurezas. As fases do beneficiamento são:

- **Pré-limpeza**

São retirados as impurezas mais grosseiras. A pré-limpeza pode ser feita usando os princípios da: **ventilação**, que elimina impurezas mais leves do que o grão de arroz; **peneiras**, que separam impurezas maiores e grãos que diferenciam em espessura e **imantação**, separa, por meio de um ímã, impurezas metálicas dos grãos de arroz. A máquina de ar e peneiras descartam o material indesejável, baseando-se em diferenças de largura e de espessura e removem também as impurezas mais leves, tais como palhas, cascas e outros materiais inertes.

- **Descascador**

---

Após a fase de pré-limpeza, um elevador de canecas leva os grãos de arroz ao descascador, que retira as glumelas (cascas) dos grãos. Dois tipos de descascador são utilizados:

**a) Descascador de pedra:** compreende duas pedras com superfície esmeril, colocadas uma sobre a outra, sendo que podem ser aproximadas ou afastadas por um parafuso de regulagem. A pedra inferior gira e os grãos, caindo sobre ela através de um "furo" existente no centro da pedra superior, são lançados para a periferia pela força centrífuga. Ao saírem, terão de passar entre uma pedra e outra e, como está parada (a de cima) e a outra girando (a de baixo) e o afastamento entre elas é inferior à largura do grão, os mesmos serão descascados. Se estiverem saindo muitos "marinheiros" (grãos que passaram pelo descascador e não foram descascados), aperta-se o parafuso de regulagem aproximando mais uma pedra da outra. Se estiver saindo pouco "marinheiro" e os grãos descascados apresentarem grande porcentagem de quebrados, solta-se um pouco o parafuso, afastando-se as pedras uma da outra; é normal sair do descascador de 20% a 25% de marinheiros.

**b) Descascador de rolo de borracha:** são dois rolos de borracha dura, com superfície áspera e que giram em sentido contrário (um deles a  $\pm 940$  rpm e o outro a  $\pm 1.160$  rpm) e são afastados um do outro a 0,5 a 1,0 mm. O arroz cai e movimentam-se ao longo dos rolos e, como as rotações são diferentes e as superfícies ásperas, os grãos são descascados. Continuando o trajeto, o arroz dentro da máquina é separado no descascador em arroz limpo, arroz com casca (marinheiro) e cascas. As cascas são retiradas para fora da máquina através de ventilação. O arroz limpo e marinheiros caem no separador de marinheiros.

O descascador de rolo de borracha é mais caro do que o de pedra, porém, apresenta uma série de vantagens, como menor porcentagem de grãos quebrados, menor porcentagem de marinheiros e maior rendimento. Há possibilidade de adaptar o descascador de rolo em uma máquina de beneficiar cujo descascador seja de pedra.

- **Separador de marinheiros**

Por meio de movimentos horizontais e verticais e ventilação, separa-se o arroz limpo do marinheiro. Os marinheiros, por meio de um elevador de canecas, voltam ao descascador; os grãos limpos vão para o brunidor.

- **Brunidor**

Tem a forma de um tronco de cone com paredes de tela grossa e, no seu interior, gira uma pedra esmerilhada com o mesmo formato e de menor diâmetro. O arroz é colocado (vindo do separador de marinheiro e através de um outro elevador de canecas), entre a parede de tela e a pedra. Esta, girando e em contato com o arroz, brune (lixa) os grãos de arroz. Quanto mais tempo ficar girando a pedra, maior será o brunimento do arroz. A camada externa dos grãos é retirada e sai pelos orifícios da parede em forma de farelo. Nas camadas externas dos grãos de arroz é que estão contidos os nutrientes (vitaminas, parte das proteínas, sais minerais, etc.) e estas camadas, por possuírem cor amarelada, são retiradas para que o arroz fique branco, tendo melhor aspecto, porém, com um valor nutritivo baixo. O

farelo que sai é rico em nutrientes, sendo utilizado para a confecção de farinha de arroz, muito utilizada na alimentação de crianças.

Após o brunido, em algumas máquinas, o arroz vai para o polidor, peça semelhante ao brunidor. Porém, a pedra que gira é revestida por um feltro ou flanela. O arroz limpo, brunido e/ou polido, vai para a fase de classificação.

---

- **Classificação**

É a operação de separação dos grãos inteiros e quebrados. A classificação é feita por meio de peneiras com crivos de vários diâmetros, separando o arroz em grãos inteiros, quebrados grandes, quebrados médios e quebrados pequenos.

- **Grãos inteiros** - quando o arroz descascado e polido apresentar comprimento igual ou superior a três partes do comprimento mínimo da classe a que pertencer.

- **Quebrados grandes** (canjição ou arroz 3/4) - são os fragmentos de grãos que se apresentam de tamanho inferior a três quartas partes, porém, maiores que metade do comprimento dos grãos inteiros da classe a que pertencerem.

- **Quebrados médios** (canjica ou 1/2 arroz) - são os fragmentos de grãos que se apresentarem isentos de quebrados grandes, que fiquem retidos em peneiras de furo circulares de 1,4 mm de diâmetro (0,055 polegadas).

- **Quebrados pequenos** (quirera ou canjiquinha) - são os fragmentos de grãos que vazaram na peneira de quebrados médios.

A classificação pode ser feita, ainda, por meio da máquina de cilindro alveolado, ou trieur, que separa inteiros de quebrados (comprimento menor que três quartas partes), sem, no entanto, separar nas outras formas de quebrados, como acontece com as peneiras. O trieur é semelhante a um tambor, com alvéolos no seu interior e uma calha. O arroz quebrado penetra nos alvéolos, o tambor gira, o arroz é elevado e, em dado momento, cai e é apanhado pela calha. Dessa calha, através de um tubo, saem os grãos quebrados e, no fundo do tambor, correm os inteiros, que saem através de outro tubo e são ensacados.

Dependendo da metodologia da colheita, do grau e da maneira como foi realizada a secagem, da regulação do descascador, da cultivar utilizada e de outros fatores, o arroz, após limpo, fornece diferentes rendas e rendimentos.

**Renda** - é o percentual de arroz limpo (beneficiado) resultante do benefício do arroz em casca.

**Rendimento** - são os percentuais de grãos inteiros e de grãos quebrados resultantes do benefício dos grãos de arroz.

Em média, o arroz tem uma renda de 68%, constituída de um rendimento de 40% de grãos inteiros mais 20% de arroz canjição e 8% de canjica + canjiquinha, apurados depois do produto descascado e polido.

## 23 QUALIDADE DE GRÃOS

- **Qualidade física**

A qualidade física do arroz está relacionada à conformação dos grãos, ou seja, suas dimensões: comprimento, largura, espessura e a razão comprimento/largura.

Com a introdução de cultivares americanas de grãos longos e finos (agulhinha) e de alta qualidade de cocção na região sul do país, especialmente no Rio Grande do Sul, criou-se um mito no

Brasil de que só o arroz agulhinha é bom de panela. Assim, por meio de pressões dos orizicultores "gaúchos", foi estabelecido um preço mínimo diferenciado para o arroz longo fino dos demais. Na verdade, os grãos, para terem boas características de cocção, não necessitam ser agulhinha, cujos

---



padrões têm sofrido freqüentes alterações ao longo dos últimos anos.

A última portaria do Ministério da Agricultura, que definiu as novas classes de grãos de arroz foi a de nº 157 de 04 de novembro de 1991. Os grãos de arroz, de acordo com suas dimensões, foram divididos em cinco classes, assim identificadas:

**a) Longo fino** (agulhinha) - é o produto que contiver, no mínimo, 80% dos grãos inteiros medindo 6,0 mm, ou mais, no comprimento; 1,90 mm, no máximo na espessura e cuja relação comprimento/largura seja superior a 2,75 após o polimento dos grãos.

**b) Longo** - é o produto que contiver, no mínimo, 80% dos grãos inteiros medindo 6,0 mm, ou mais, no comprimento, após o polimento dos grãos.

**c) Médio** - é o produto que contiver, no mínimo, 80% dos grãos inteiros medindo de 5,0 mm a menos de 6,0 mm no comprimento, após o polimento dos grãos.

**d) Curto** - é o produto que contiver, no mínimo, 80% dos grãos inteiros medindo menos de 5,0 mm no comprimento, após o polimento dos grãos.

**e) Misturado** - é o produto que, contendo menos de 80% de uma das classes anteriores, apresentar-se constituído por dois ou três classes distintas.

O preço mínimo do arroz estabelecido pelo governo é superior em 36% para o arroz longo fino em relação ao longo, que é o segundo mais valorizado. Essa discriminação leva em conta apenas a característica física; a qualidade que é a mais importante não é considerada.

Os grãos agulhinhas são oriundos predominantemente das cultivares de arroz irrigado, enquanto que os longos são das cultivares de sequeiro. Diante disso, o melhoramento genético do arroz está dando prioridade à obtenção de cultivares de arroz de sequeiro que apresentem grãos longos finos.

#### • Qualidade química

O grão do arroz possui 90% de amido, o qual é constituído de duas frações: amilose (frações linear) e amilopectina (fração ramificada). A razão amilose/amilopectina do amido está diretamente relacionada com o volume de expansão, absorção de água e resistência à desintegração do arroz beneficiado, durante o cozimento. Portanto, o crescimento e a textura do arroz cozido são determinados grandemente pela razão amilose/amilopectina.

As cultivares são classificadas de acordo com o conteúdo de amilose em:

a) glutinosas: 1-2% de amilose;

b) não glutinosas: > 2%; estas, por sua vez, se subdividem em:

- baixa amilose - 11 a 22% de amilose;

- intermediária - 23 a 27% de amilose;

- alta amilose - 28 a 32% de amilose.

O arroz glutinoso absorve pouca água, cresce pouco, fica úmido, empapado e de aparência brilhante. Constitui-se a base alimentícia de algumas regiões asiáticas. É usado também para fazer pastéis e doces. Este arroz é bastante utilizado pelos japoneses, que o consomem utilizando palitos como talheres.

As cultivares não glutinosas constituem a maior parte do arroz consumido no mundo.

O arroz de baixo conteúdo de amilose também fica úmido, quando se cozinha demasiadamente. O arroz com alto conteúdo de amilose fica seco e solto depois de cozido, mas endurece ao esfriar-se. O tipos intermediários têm as características dos tipos de alta amilose, mas mantém uma textura suave quando se esfriam. As cultivares japônicas são de baixo conteúdo de amilose e ficam empapadas após o cozimento.

O conteúdo de amilose das cultivares índicas varia amplamente de acordo com as preferências regionais de qualidade. Os consumidores da América Latina e os principais mercados mundiais preferem os tipos intermediários. O meio ambiente modifica parcialmente o conteúdo de

amilose de muitas maneiras desconhecidas, sendo que as temperaturas altas durante a maturação do grão diminuem o seu nível. O conteúdo de amilose de uma cultivar pode variar em até 6% de uma estação para outra.

### Temperatura de gelatinização (TG)

É a temperatura de cocção, na qual a água é absorvida e os grânulos do amido se incham irreversivelmente, perdendo simultaneamente a cristalinidade. Está parcialmente associada com o conteúdo de amilose do amido. Por isso, ela é usada para estimar o conteúdo de amilose, o qual é mais difícil de ser medido diretamente.

A temperatura de gelatinização varia de 55° a 79°C. Pode ser:

- baixa: < 70°C
- intermediária: 70° a 74°C
- alta: > 74°C

A TG correlaciona-se positivamente com o tempo de cozimento do arroz. O arroz com TG alta tende a ficar meio cru, requer mais água, gasta mais tempo para cozinhar e cresce menos do que os de TG baixa e intermediária. As classes de TG baixa e intermediária, desejáveis com o mesmo conteúdo de amilose, se cozinham de igual maneira. Portanto, não há razão para preferir uma das duas.

A TG reflete a dureza dos grânulos do amido e do endosperma. Assim, ela influi no ataque de insetos e fungos do arroz integral e sua deterioração depois da colheita nos climas úmidos. Existe evidência de que os arrozos com TG alta e intermediária são menos afetados por tais problemas do que os de TG baixa.

## 24 CLASSIFICAÇÃO DO ARROZ

O arroz é classificado em grupos, subgrupos, classes e tipos, identificados de acordo com os seguintes critérios:

### Grupos

Segundo a sua forma de apresentação, o arroz é classificado em dois grupos, assim denominados:

- **Arroz em casca** - é o produto fisiologicamente desenvolvido, maduro e em casca, depois de colhido;
- **Arroz beneficiado** - é o produto maduro que, submetido a processo de beneficiamento, acha-se desprovido de sua casca.

### Subgrupos

Segundo o seu preparo, o arroz em casca e o arroz beneficiado são ordenados em subgrupos:

- **Subgrupo do arroz em casca**
-

- a) natural
- b) parboilizado

- **Subgrupo do arroz beneficiado**

- a) integral
- b) parboilizado
- c) parboilizado integral
- d) polido

## **Classes**

O arroz em casca e o arroz beneficiado, de acordo com suas dimensões, são distribuídos em cinco classes, independentemente do sistema de cultivo: longo fino, longo, médio, curto e misturado. Estas classes já foram discutidas anteriormente, quando se tratou da qualidade física de grãos.

## **Tipos**

Qualquer que seja o grupo e o subgrupo a que pertença, o arroz será classificado em cinco tipos, expressos por números de 1 (um) a 5 (cinco), definidos pelo percentual de ocorrência de defeitos graves, de defeitos gerais agregados ou de grãos quebrados e quirera.

**Definição do tipo** - Para a definição do tipo do arroz serão considerados os limites máximos de tolerância de defeitos/tipo do produto, que estão estabelecidas nas Tabelas 30 e 31, obedecidos os seguintes critérios de classificação:

- a) o defeito grave, isoladamente, define o tipo do produto;
- b) o defeito geral, quando agregado, define o tipo do produto;

c) o defeito geral, quando considerado isoladamente, não define o tipo do produto, mas determina o “abaixo do padrão” quando ultrapassado o limite máximo estabelecido para cada defeito geral;

d) no caso específico do arroz em casca (natural ou parboilizado), a umidade, a matéria estranha e a impureza não definem o tipo do produto.

## **Embalagens**

As embalagens utilizadas no acondicionamento do arroz devem ser de materiais naturais, materiais sintéticos ou outro material apropriado, que tenha sido previamente aprovado pelo Ministério da Agricultura.

O arroz, quando comercializado no atacado, deverá ser acondicionado em sacas com capacidade para 50 kg em peso líquido do produto. No varejo, o arroz deverá ser acondicionado em pacotes de 1 kg, 2 kg e 5 kg (mais freqüente) em peso líquido do produto, devendo o material plástico utilizado na confecção das embalagens ser, obrigatoriamente, transparente e incolor, para permitir a perfeita visualização da qualidade do produto.

Toda embalagem deverá, necessariamente, trazer, no mínimo, o número do lote, classe, tipo, safra ou produção, processo industrial, identificação do responsável pelo produto e peso líquido do produto. No varejo, a marcação ou rotulagem deverá conter, no mínimo, as seguintes indicações: produto, classe, tipo, peso líquido, nome e endereço do empacotador.

Na comercialização feita a granel ou em conchas, o produto exposto deve ser identificado em lugar de destaque, contendo as seguintes indicações: classe, tipo e preço de venda.

---

### **Processo de parboilização**

O principal componente do grão do arroz é o endosperma, constituído por grânulos poligonais de amido, estando os espaços intergranulares repletos de ar e umidade, o que facilita o desenvolvimento de fissuras ainda durante o processo de maturação do grão no campo ou mesmo na secagem do produto. Estas rompem-se no beneficiamento, originando perdas no rendimento de grãos inteiros, o que, entretanto, poderá ser minimizado por meio da gelatinização do amido.

No Brasil, para obter-se a gelatinização do amido, utilizam-se os processos denominados de maceração e parboilização, sendo este último, o mais importante, pelo qual se obtém o chamado arroz parboilizado.

Define-se como arroz parboilizado o arroz em casca que, antes de ser beneficiado, foi submetido ao encharcamento em água aquecida, por tempo nunca superior a cinco horas. Sofrendo ação da gelatinização e outros tratamentos, mostra elevação substancial nos seus teores vitamínicos e de sais minerais, dando origem a um produto que, após o beneficiamento, apresenta coloração amarelada uniforme.

---

TABELA 30 - Limites máximos de tolerância de defeitos/tipo de produto (expressos em valores percentuais de ocorrência) do arroz em casca natural.

Tipos	Defeito grave	Defeitos gerais (Limite máximo de tolerância/defeito)				Defeitos gerais agregados (Limite máximo de tolerância / tipo de produto)
		Danificados, Manchados ou picados	Amarelos	Gessados	Rajados	
1	0,25	12	12	15	10	4
2	0,50	12	12	15	10	8
3	1,00	12	12	15	10	14
4	2,00	12	12	15	10	22
5	4,00	12	12	15	10	34

OBSERVAÇÃO: O teor de umidade que exceder a 13% e o percentual de matérias estranhas e/ou impurezas que exceder a 2% serão descontados no peso líquido do lote.

Fonte: Brasil (1989)

TABELA 31 - Limites máximos de tolerância de defeitos/tipo de produto (expressos em valores percentuais de ocorrência) do arroz beneficiado polido.

Tipos	Defeitos graves		Defeitos Gerais (Limite Máximo de Tolerância / Defeito)				Defeitos gerais agregados (Limite máximo de tolerância / tipo de produto)	Grãos quebrados			
	Matérias estranhas e impurezas	Mofoados e ardidos	Danificados, manchados e picados	Amarelos	Gessados	Rajados		Total Grandes	Médios e pequenos		
									Total	Pequenos (máximo)	
1	0,25	0,25	12	12	15	10	4	10	-	3	0,50
2	0,50	0,50	12	12	15	10	8	20	-	6	1,00
3	1,00	1,00	12	12	15	10	14	30	-	12	2,00
4	1,50	2,00	12	12	15	10	22	40	-	23	3,00
5	2,00	4,00	12	12	15	10	34	50	-	29	4,00

Fonte : Brasil (1989)

O processo de parboilização constitui-se das seguintes etapas:

- solubilização das vitaminas e sais minerais contidos na casca, película e germe e sua migração para o centro do grão em curto espaço de tempo;
- fixação dos elementos solubilizados ao amido gelatinizado, donde não podem ser eliminados pelo beneficiamento, lavagem e cozimento;
- secagem, resfriamento e uniformização da umidade;
- beneficiamento, pelo processo tradicional, para remoção do que sobrou da casca e películas que, a essa altura, se constituem apenas de fibras.

O arroz parboilizado apresenta, sobre o arroz polido, as seguintes vantagens:

- valor nutritivo superior;
- não se rancifica e tem maior resistência ao ataque de insetos dos grãos armazenados;
- possibilita a recuperação de grãos quebrados;
- remoção mais fácil da casca;
- maior rendimento após cocção;
- melhor assimilação, não fermentando nos intestinos;
- cozimento mais fácil, apresentando sempre grãos soltos, estejam úmidos ou secos.

O arroz integral apresenta diversas desvantagens relativamente ao parboilizado:

- peca por perder os elementos contidos na casca;
- tem uma aparência escura, pouco agradável;
- exige maior tempo de cozimento;
- ao ser ingerido, exige mais tempo de mastigação.

O processo de parboilização pode ser efetuado por vários métodos, tais como o Converted e o Cotema, este último desenvolvido no Rio Grande do Sul.

A seguir, descrever-se-á o primeiro dos processos citados. O arroz em casca sofre, inicialmente, uma limpeza por meio de peneiras e de aspiração, seguida da eliminação dos grãos mais leves e impurezas leves remanescentes, por flutuação numa corrente de água em agitação, sendo os grãos mais pesados recolhidos no fundo. O arroz em casca umedecido é, então, introduzido num tanque, onde se produz um vácuo de cerca de 20 polegadas, durante, pelo menos, 10 minutos para eliminar o ar contido nos espaços intergranulares do amido. A seguir, introduz-se água quente a 75° a 85°C, sob uma pressão de 5 a 7 kg/cm<sup>2</sup>, com a finalidade de fazer com que os elementos solúveis em água, presentes na casca e nas camadas externas do grão, difundam-se para o albúmen. O arroz permanece nessas condições, com água em circulação durante 120 a 165 minutos, de acordo com a cultivar, com a umidade inicial do grão, o tempo de duração do armazenamento após a colheita e a cor do produto desejado. A umidade do grão atinge, desta forma, 48%. A água é, então, eliminada e o arroz introduzido num cilindro rotativo, onde sofre a ação do vapor superaquecido a 116°C (a temperatura pode variar de 71° a 149°C). O aquecimento é de curta duração, cerca de 10 a 12 minutos, com a finalidade de se produzir a gelatinização do amido, o que confere certa elasticidade ao grão e torna-o mais difícil de quebrar, tendendo ainda a “soldar” grãos trincados. Depois disso, o arroz é revolvido no próprio cilindro rotativo e elimina-se o vapor a um vácuo de 28 a 29 polegadas. Proceda-se então à secagem ao vapor durante cerca de duas horas e meia, para reconduzir a umidade do arroz a 15° a 18%. Daí, o produto passa a um secador contínuo, onde a umidade baixa a 12,5%. O tempo de duração da passagem do arroz por este secador é de cerca de 45 minutos e a temperatura não deve exceder a 63°C. O arroz é, então, colocado em silos e resfriado por ventilação, repousando pelo menos 8 horas antes de ser beneficiado, a fim de se restabelecer o equilíbrio de umidade no grão.

## Conceitos de termos usados na classificação do arroz

- **Arroz em casca natural** - o produto que, antes do beneficiamento, não passa por qualquer preparo industrial ou processo tecnológico aditivo.
  - **Arroz integral (esbramado)** - o produto do qual somente se retira a casca durante o beneficiamento, mantendo-se intacto o germe e as camadas interna e externa do grão, sendo obtido do arroz em casca natural ou parboilizado.
  - **Arroz parboilizado** - o produto que, ao ser beneficiado, os grãos apresentam uma coloração amarelada, em decorrência do tratamento hidrotérmico.
  - **Arroz polido** - o produto do qual, ao ser beneficiado, retira-se o germe, a camada externa e a maior parte da camada interna do tegumento, podendo ainda apresentar grãos com estrias longitudinais, visíveis a olho nu.
  - **Defeitos gerais** - os grãos danificados, manchados, picados, amarelos, rajados, gessados e não parboilizados.
  - **Defeitos gerais agregados** - o somatório dos defeitos gerais encontrados na amostra.
  - **Defeitos graves** - as matérias estranhas, impurezas, os grãos mofados, ardidos, pretos e não gelatinizados.
  - **Fisiologicamente desenvolvido** - o grão que atinge o estágio de desenvolvimento completo da variedade (ciclo vegetativo) e está em condição de ser colhido.
  - **Fragmento de grão** - o produto constituído de, no mínimo, 90% (noventa por cento) de grãos quebrados e quítera.
  - **Germe** - a pequena porção situada numa das extremidades do grão da qual germina a semente.
  - **Grão amarelo** - o grão descascado e polido, inteiro ou quebrado, que apresentar coloração amarelada.
  - **Grão ardido** - o grão descascado e polido, inteiro ou quebrado, que apresentar, no todo ou em parte, coloração escura proveniente do processo de fermentação.
  - **Grão danificado** - o grão descascado e polido, inteiro ou quebrado, que, pelo processo de imersão ou secagem, apresenta ruptura no sentido longitudinal, bem como o grão que estoura (pipoca).
  - **Grão gelatinizado** - o grão inteiro ou quebrado, que se apresenta no mínimo com a sua camada externa gelatinizada e translúcida, quando observado sob luz polarizada.
  - **Grão gessado** - o grão descascado e polido, inteiro ou quebrado que apresentar coloração totalmente opaca e semelhante ao gesso.
  - **Grão manchado e picado** - o grão descascado e polido, inteiro ou quebrado que apresentar mancha escura ou esbranquiçada, bem como perfurações por insetos ou outros agentes, desde que visíveis a olho nu.
-



- **Grão mofado** - o grão descascado e polido, inteiro ou quebrado, que apresentar, no todo ou em parte, fungo (bolor), visível a olho nu.
- **Grão não gelatinizado** - o grão inteiro ou quebrado que não apresenta gelatinização do amido, devido à parboilização deficiente, mostrando-se totalmente “opaco” sob a luz polarizada.
- **Grão não parboilizado** - o arroz descascado e polido, inteiro ou quebrado que não sofreu o processo de parboilização, correspondendo, portanto, ao arroz beneficiado polido.
- **Grão preto** - o grão descascado e polido, inteiro ou quebrado, que se apresentar totalmente enegrecido por ação excessiva de calor e umidade.
- **Grão rajado** - o grão descascado e polido, inteiro ou quebrado, que apresentar estria vermelha.
- **Grau de polimento** - expressa a maior ou menor intensidade de remoção do germe e das camadas externa e interna do grão.
- **Impureza** - detrito do próprio produto, como a casca e pedaços de colmo, entre outros.
- **Matérias estranhas** - corpo ou detrito de natureza estranha ao produto, como grãos ou sementes de outras espécies vegetais, sujidades e restos de insetos, entre outros.
- **Parboilização** - processo hidrotérmico no qual o arroz em casca é imerso em água potável, a uma temperatura acima de 58°C, seguido de gelatinização parcial ou total do amido e secagem.

#### **Renda de benefício, rendimento de grão e valoração do produto.**

Na comercialização, anualmente, são estabelecidos preços mínimos para o arroz (em casca ou beneficiado), segundo as diferentes classes de grãos. Os preços mínimos de garantia para o arroz em casca são baseados em uma renda de benefício de 68%, constituída de rendimento do grão de 40% de inteiros, mais 28% de quebrados e quirera e até 13% de umidade, apurados depois do produto descascado e polido.

Para valorização do produto com renda do benefício e rendimento do grão superior ou inferior ao básico estabelecido, considera-se, obrigatoriamente, o percentual de sua constituição, mediante a aplicação dos seguintes coeficientes:

Grão inteiro.....	79,412%
Grão quebrado e quirera.....	20,588%

#### **Exemplo 1**

Supor o preço mínimo hipotético para o saco de arroz em casca de 60 kg seja de R\$25,00 e que o produto apresente uma renda de benefício de 72%, sendo 58% de inteiros e 14% de quebrados. Quanto o produtor deverá receber por saco desse arroz?

O primeiro passo é determinar o valor dos grãos inteiros e dos quebrados, mediante a aplicação dos coeficientes apresentados anteriormente, do seguinte modo:

$$\begin{aligned} \text{R\$25,00} \times 0,79442 &= \text{R\$19,86, referente aos 40\% de inteiros.} \\ \text{R\$25,00} \times 0,20588 &= \text{R\$5,15, referente aos 28\% de quebrados.} \end{aligned}$$

Para facilitar o cálculo, determinar o valor de cada 1% de inteiros e de 1% de quebrados:

$$R\$19,86 \div 40 = R\$0,50 \rightarrow \text{valor de cada 1\% de inteiros.}$$

$$R\$5,15 \div 28 = R\$0,18 \rightarrow \text{valor de cada 1\% de quebrados.}$$

Como o arroz a ser comercializado possui 58% de inteiros e 14% de quebrados, o seu preço final por saco de 60 kg será o seguinte:

$$58 \times R\$0,50 = 29,00$$

$$14 \times R\$0,18 = 2,52$$

$$\text{TOTAL} \quad \underline{\quad} = 31,52$$

Assim, o produtor deverá receber, na comercialização de seu arroz, R\$31,52 por saco de 60 kg e não o preço mínimo de R\$25,00, estipulado pelo governo. Fica evidente, portanto, os cuidados que o agricultor deve tomar com seu produto, sobretudo quanto à colheita e secagem adequadas. Neste exemplo, o produtor obterá um preço pelo seu arroz 26,08% superior ao preço mínimo.

## Exemplo 2

Qual o valor de um lote de arroz em casca de 15.000 kg com 20% de umidade e 5% de impurezas e matérias estranhas, apresentando no teste de rendimento 60% de grãos inteiros e 12% de quebrados? Considerar o preço mínimo de R\$25,00/saco de 60 kg.

### 1º Passo

Descontar 3% de impurezas e matérias estranhas

$$15.000 \text{ kg} - 0,03 \times 15.000 = 15.000 - 450 = 14.550 \text{ kg}$$

### 2º Passo:

Descontar a umidade excedente

$$\text{PGc} = 14.550 \times 0,80/0,87 = 13.379 \text{ kg}$$

PGc = Peso de grão corrigido

### 3º Passo

Calcular o número de sacas de 60 kg.

$$13.379 \div 60 = 223 \text{ sacas}$$

### 4º Passo

Seguir o procedimento anterior (exemplo 1)

$$R\$25,00 \times 0,79412 = R\$19,86 \text{ (40\% de inteiros)}$$

$$R\$25,00 \times 0,20588 = R\$5,15 \text{ (28\% de quebrados)}$$

$$R\$19,86 \div 40 = R\$0,50 \text{ (para cada 1\% de inteiros)}$$

$$R\$5,15 \div 28 = R\$0,18 \text{ (para cada 1\% de quebrados)}$$

$$60 \times R\$0,50 = 30,00$$

$$14 \times R\$0,18 = 2,52$$

$$\text{TOTAL} = 32,52$$

Logo, o valor de uma saca de 60 kg desse lote de arroz é de R\$3.252, ou seja, 30,01% superior ao preço mínimo (R\$25,00).

Valor do lote: 223 sacas x R\$32,52 = R\$7.251,96

Portanto, o produtor receberia, em caso de venda, pelo lote inicial de 15.000 kg de arroz em casca com 20% de umidade e 5% de impurezas, R\$7.251,96.

## 25 SISTEMA BARREIRÃO

O Sistema Barreirão teve início no princípio da década de 1980 na Fazenda Barreirão, do pecuarista Dr. Augusto Gontijo, localizada no município de Piracanjuba, GO, a qual deu o nome à referida tecnologia. Ela fundamenta-se na reforma de pastagens degradadas, na produção de grãos (arroz, milho, sorgo, etc.) e também na recuperação do solo.

O cerrado brasileiro representa a maior área contínua potencial para produção de alimentos e, além do mais, é privilegiado pela sua localização central, recursos hídricos abundantes, topografia e clima favoráveis. Conta com 202 milhões de hectares, dos quais 117 milhões são ocupados com pastagens, sendo 75 milhões de pastagens nativas e 42 milhões de pastagens cultivadas (Tabela 32).

TABELA 32 - Uso da terra do cerrado brasileiro.

Ocupação	Área	
	(milhões de ha)	(%)
Pastagem nativa	75,00	37,2
Pastagem cultivada	42,00	20,8
Lavouras temporárias	13,50	6,7
Lavouras permanentes	1,30	0,6
Outros	69,96	34,7
Total	201,76	100,0

Fonte: Embrapa-CPAC (1991)

A implantação de pastagens em solos recém-desbravados e anteriormente cultivados com arroz (prática comum no cerrado) resultou na existência atual de extensas áreas de pastagens em solos pobremente recuperados. Dos 42 milhões de hectares com pastagem cultivada, cerca de 80% estão com algum grau de degradação.

A degradação das pastagens tem proporcionado uma baixa produtividade média, a qual está muito aquém do potencial oferecido pelas tecnologias ora disponíveis. Na pecuária, 45 milhões de bovinos ocupam uma área de 117 milhões de hectares com pastagem, resultando numa lotação média de aproximadamente 0,3 unidade animal por hectare (u.a./ha), enquanto uma boa pastagem pode

suportar mais de 1,5 u.a./ha. Em pastagem recuperada, e com tecnologia, a produção de carne pode ser superior a 1.000 kg/ha/ano, enquanto a produção de leite pode atingir 9.000 kg/ha/ano.

O Sistema Barreirão é uma tecnologia de recuperação/renovação de pastagens em consórcio com culturas anuais. Consiste no consórcio do arroz de sequeiro, do milho, do sorgo e do milheto, com

forrageiras, principalmente dos gêneros *Brachiaria* e *Andropogon* e/ou com leguminosas forrageiras, como *Stylosanthes* sp, *Calopogonio mucunoides* e *Arachis pintoe*.

A cultura do arroz de sequeiro encontra ótimas condições ambientais para expressar seu potencial em áreas com pastagem degradada. Assim, o cultivo simultâneo e tecnificado de arroz e pasto permite a recuperação de pastagens degradadas, melhorando a produção pecuária (maior capacidade de suporte animal), além de cobrir os custos dessa recuperação, podendo ainda auferir lucro pela comercialização do arroz.

Além da renovação/recuperação de pastagem, custeada parcial ou totalmente pela produção dos grãos, com possibilidade de lucro adicional, o Sistema Barreirão garante que, mesmo no período seco, os animais ganhem peso, já que o desenvolvimento da pastagem se dá durante todo o ano. O sistema traz várias vantagens, tais como:

- elevação da lotação animal por hectare;
- aumento da produção de leite/ha;
- aumento da produção de carne/ha;
- aumento da produção de grãos;
- aumento da natalidade;
- redução da mortalidade;
- eliminação de cupins de monte e de plantas daninhas;
- descompactação do solo;
- correção de acidez;
- aumento do teor de matéria orgânica;
- redução do processo de erosão hídrica;
- enraizamento profundo das forrageiras.

### **Práticas que compõem o sistema barreirão**

Os solos de cerrado caracterizam-se por baixa fertilidade, baixos teores de P, K, Ca, Mg, Zn e de matéria orgânica, baixa saturação de bases, alta acidez, elevada compactação e alta infestação de invasoras e pragas. O Sistema Barreirão reúne práticas para a solução dos problemas que comumente ocorrem na maioria dos solos sob pastagem degradada, nas condições do cerrado brasileiro. A omissão e/ou alteração na aplicação destas práticas pode comprometer a produção da cultura, da forrageira ou de ambas.

#### **• Calagem**

Com base nos resultados da análise de solo, deve-se ou não proceder à calagem. É recomendada no caso de deficiência de Ca e Mg. É bom lembrar que a aplicação de corretivos tanto melhora o solo como a pastagem. A cultura do arroz é pouco exigente em calagem, contudo, considerando-se o melhor condicionamento do solo para as forrageiras, deve-se proceder à calagem em solos que apresentem teores de Ca + Mg inferior a 1,5 cmol/dm<sup>3</sup> de solo. O milho, o sorgo e o milheto, por outro lado, são exigentes em cálcio e magnésio e acidez fraca. Para estas culturas, a calagem é obrigatória quando o solo apresentar teor de Ca + Mg inferior a 3,0 cmol/dm<sup>3</sup> de solo.

#### **• Preparo do solo**

O preparo adequado do solo tem três objetivos básicos: descompactação do solo, controle de invasoras e incorporação de resíduos orgânicos e corretivos. Consiste na realização sequencial das

seguintes operações:

a) Gradagem com grade aradora

Visa desenraizar toda vegetação existente ainda no período seco, entre 15 e 30 dias antes do período chuvoso, reduzir a população da braquiária existente, misturar superficialmente os corretivos, iniciar o processo de decomposição da massa orgânica e destruir os montes dos cupinzeiros. Esta operação possibilita também melhorar a qualidade da aração e reduzir a necessidade de destorroamento/nivelamento. O efeito da pré-incorporação com grade aradora pode ser observada na Tabela 33.

TABELA 33 - Efeito da pré-incorporação da pastagem degradada sobre o rendimento do arroz de sequeiro, cv. Guarani, e produção de massa verde de *Brachiaria brizantha*. 1992.

Preparo do solo	Rendimento de arroz (kg/ha)		Rendimento de massa verde da forrageira (kg/ha)
	1990/91	1991/92	1991/92
Aração direta	2.265 a	1.634 b	20.230
Pré-incorporação Seguida de aração	2.637 a	2.285 a	23.238
CV (%)	15,62	16,73	

Fonte: Oliveira et al. (1996)

b) Aração profunda

É realizada no início do período chuvoso a uma profundidade de 35 a 40 cm. Objetiva descompactar a superfície do solo (0 a 40 cm), incorporar resíduos orgânicos e corretivos numa maior profundidade, eliminar raízes das invasoras perenes e revolver a zona de ação dos cupinzeiros de monte no subsolo. Embora os arados de disco possam apresentar bons resultados para esta operação, significativamente superiores aos obtidos com grade aradora, são os arados de aiveca que vêm mostrando melhores resultados (Tabela 34).

c) Gradagem com grade niveladora/destorroadora

Arações bem feitas, após a pré-incorporação e com implementos bem regulados, chegam a dispensar a operação de nivelamento/destorroamento. Porém, se necessário, deve-se efetuar uma só operação com antecedência de no máximo dois dias do plantio; se possível, deve ser realizada imediatamente antes da semeadura do arroz.

Acredita-se que a pré-incorporação com grade aradora e a aração profunda com aiveca são os fatores que mais contribuem para boa produtividade e isto se deve a uma melhor distribuição de nutrientes e do sistema radicular no perfil do solo, além do eficiente controle de invasoras.

TABELA 34 - Efeito do implemento utilizado no preparo do solo para o Sistema Barreirão sobre a produtividade do arroz de sequeiro, cultivar Guarani e da forrageira *Brachiaria brizantha*.

Implemento	Produtividade do arroz (kg/ha)			Matéria verde da forrageira (kg/ha)
	1990/91	1991/92	1992/93	1991/92
Grade aradora	1.700 b	1.942 b	674 b	17.300
Arado de disco	2.790 a	2.430 a	-	-
Arado de aiveca	2.962 a	2.637 a	2.285 a	23.238
C.V. (%)	19,46	15,31	26,55	-

Médias da coluna, seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente (Duncan - 0,05)

Fonte: Oliveira et al. (1996)

### • Adubação

Na implantação do Sistema Barreirão, é fundamental que haja uma disponibilidade residual de nutrientes para as forrageiras. As informações obtidas até agora ainda não permitem estabelecer a quantidade e a qualidade dos nutrientes, necessárias para manutenção de uma pastagem produtiva, por um determinado período de tempo.

Toda e qualquer recomendação de adubação deve ser feita com base na análise de solo. Contudo, há uma recomendação básica que consiste de 12 a 15 kg/ha de N, 90 kg/ha de  $P_2O_5$ , 45 kg/ha de  $K_2O$ , 20 kg/ha de  $ZnSO_4$  e 30 kg/ha de FTE BR 12 (mistura de micronutrientes - Frited Trace Elements). Quanto à adubação nitrogenada em cobertura, é bastante discutível para o arroz de sequeiro, em função dos efeitos indiretos que ela pode ocasionar às plantas, predispondo-as ao acamamento e ao ataque de brusone. De modo geral, recomendam-se 20 kg/ha de N se as plantas apresentarem deficiência do elemento (amarelecimento), o que pode ocorrer devido a forte demanda de N pelos microorganismos na decomposição da matéria orgânica incorporada.

Salienta-se que a dose de adubação recomendada é superior ao convencional, visando cobrir as necessidades da pastagem, que deverá coexistir com a cultura e persistir por um longo período após a colheita do arroz.

### • Tratamento de sementes

As áreas de pastagens degradadas são permanentes focos de pragas como cupim, lagarta elasma e cigarrinha das pastagens. Elas podem comprometer o desenvolvimento de plantas do arroz, do milho, do sorgo e do milheto. Assim, o tratamento de sementes com produtos à base de Carbofuran, Carbosulfan ou Thiodicarb é fundamental para o bom estabelecimento e desenvolvimento da lavoura.

Apesar da pouca ocorrência de brusone no arroz associado ao capim, devido à boa nutrição da cultura e ainda que o produtor utilize cultivares de arroz resistentes à doença, foram verificados alguns casos de ataque de brusone em propriedades que realizaram o Sistema Barreirão. Portanto, em regiões de risco, recomenda-se o tratamento de sementes com produto à base de Pyroquilon ou Thiabendazol, protegendo as plantas contra o ataque dessa enfermidade.

### • Cultivares

Deve-se dar preferência àquelas recomendadas para a região. As cultivares de ciclo curto (100 a 110 dias) devem ser as preferidas, uma vez que são colhidas mais cedo, dando maior espaço de tempo, ainda no período chuvoso, para um melhor desenvolvimento das forrageiras consorciadas. Isso não invalida a utilização de cultivares de ciclo médio (130 a 140 dias), que geralmente têm maior potencial de produção de grãos. Cabe esclarecer, todavia, que, de maneira geral, as cultivares de porte baixo sofrem maior competição que as altas.

- **Semeadura:**

Na renovação de pastagem com braquiária, a semente da forrageira deve ser misturada ao adubo com antecedência máxima de 24 horas à semeadura. Períodos mais longos de estocagem da mistura reduzem o poder germinativo da semente da forrageira. O plantio é simultâneo ao do arroz, na mesma linha, sendo a mistura adubo/sememente de braquiária colocada a uma maior profundidade (8 a 10 cm) que a do arroz (3 a 5 cm), visando provocar atraso na emergência das plântulas, para evitar competição precoce com o arroz.

O espaçamento do arroz de sequeiro deve ser reduzido e a densidade aumentada em relação ao convencional. Isso possibilita o rápido sombreamento da área, reduzindo o desenvolvimento vegetativo das forrageiras. Recomenda-se o espaçamento de 30 a 45 cm, devendo ser ele tanto menor quanto mais curto for o ciclo e menos perfilhadora for a cultivar.

A densidade recomendada é de 80 a 100 sementes por metro linear e, via de regra, deve ser tanto menor quanto mais longo for o ciclo da cultura.

O efeito do espaçamento e da densidade de semeadura do arroz de sequeiro consorciado com a braquiária sobre a produtividade do arroz é mostrado na Tabela 35.

Para a braquiária, recomenda-se a utilização de 5 kg/ha de semente usinada com valor cultural igual ou superior a 30%. A densidade de semeadura interfere no rendimento do arroz de sequeiro e de outras culturas anuais. Densidades superiores a 4 a 6 plantas/m<sup>2</sup> reduzem sensivelmente o rendimento do arroz. Uma população de 18 plantas/m<sup>2</sup> de braquiária pode reduzir a produtividade do arroz em 50%. Por outro lado, densidades menores resultam em maior produtividade do arroz, mas em pastagem de pior qualidade no primeiro ano.

No caso de se utilizar andropogon, seu lento desenvolvimento inicial provoca menor competição com o arroz. Por isso, recomendam-se 15 kg/ha de semente usinada, semeadas a lanço, imediatamente antes ou após a semeadura do arroz.

TABELA 35 - Efeito do espaçamento e da densidade de semeadura do arroz de sequeiro (cv. Guarani) consorciado com *B. brizantha*, sobre a produtividade do arroz.

Espaçamento (cm)	Produtividade do arroz (kg/ha)			
	100 sementes/m		50 sementes/m	
	1990/91 <sup>1</sup>	1990/91 <sup>2</sup>	1991/92 <sup>1</sup>	1991/92 <sup>2</sup>
50	3.289 b	2.076 a	2.238 b	1.794 a
40	3.859 a	2.283 a	2.910 ab	2.131 a
30	-	-	3.900 a	2.642 a
C.V. (%)	15,52	-	14,31	24,63

Médias da coluna, seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente (Tukey - 0,05)

Fonte: Oliveira et al. (1996)

- **Colheita do arroz**

A cultura do arroz deve ser colhida no ponto exato de maturação. Qualquer atraso resulta em maior dificuldade na colheita, devido ao aumento da massa verde da forrageira, bem como devido ao acamamento do arroz, ainda que as colheitadeiras modernas minimizem as perdas na colheita do arroz acamado.

Após a colheita do arroz, a pastagem deverá ser vedada, por aproximadamente 60 dias, visando a seu melhor estabelecimento após a retirada daquela cultura.

### **Análise econômica do sistema barreira**

Resultados e análise econômica de 68 unidades demonstrativas de Sistema Barreirão com arroz de sequeiro (período de 1990/91 a 1995/96) e de 27 unidades demonstrativas com a cultura do milho (período de 1992/93 a 1995/96), realizadas nos estados de Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso, Tocantins, Bahia e Mato Grosso do Sul, são apresentados na Tabela 36. Examinando a referida Tabela, verifica-se que a renovação de pastagem utilizando a cultura do arroz de sequeiro foi bastante vantajosa, proporcionando um retorno de 0,83 a 1,27 (relação benefício/custo), resultando em um valor

médio de 1,08, ou seja, o arroz custeou toda a renovação da pastagem e ainda sobrou em média 28,94 dólares.

No caso de se utilizar a cultura do milho no Sistema Barreirão, nota-se que a taxa média de retorno foi de 0,85, com variações de 0,65 a 1,06. Neste caso, a produção do milho não foi suficiente para cobrir todos os custos, mas apenas parcial. É oportuno lembrar que, ao se fazer uma reforma de pastagem pelo sistema convencional (solteiro), o retorno do investimento feito ocorre a médio ou a longo prazo, ao passo que, com o Sistema Barreirão, qualquer percentual pago com a cultura já é vantajoso para o agricultor, pois haverá retorno parcial ou total a curto prazo, logo após a venda do produto colhido.

No Sistema Barreirão, a relação benefício/custo considera apenas a produção de grãos. Todavia, a lucratividade dos produtores reside também no desfrute das pastagens recuperadas, na forma de produção de carne ou de leite.

Enfim, o Sistema Barreirão tem um grande potencial para o cerrado brasileiro e ao adotar essa tecnologia, o produtor poderá promover uma revolução na agropecuária brasileira.

TABELA 36 - Resumo dos resultados econômicos do Sistema Barreirão.

<b>Arroz</b>	<b>1990/91</b>	<b>1991/92</b>	<b>1992/93</b>	<b>1993/94</b>	<b>1994/95</b>	<b>1995/96</b>	<b>Média</b>
Produção (sc. 60 kg)	34	38	31	30	41	41	35,83
Preço (sc. 60 kg/US\$)	13,35	7,97	10,00	9,30	11,43	10,20	10,38
Receita total (US\$)	453,99	302,92	310,00	279,00	468,63	418,20	372,12
Custo de produção (US\$)	356,21	277,95	321,80	334,69	410,21	358,22	343,18
Custo de produção (sc. 60 kg)	26	35	32	36	36	35	33,33
Receita líquida (US\$)	97,78	24,96	(-11,80)	(-55,69)	58,42	59,98	28,94
Relação benefício/Custo	1,27	1,09	0,96	0,83	1,14	1,17	1,08
Unidades trabalhadas	11	15	8	23	9	2	-
Estados trabalhados	1	5	3	6	4	1	-



<b>Milho (Grãos)</b>	<b>1992/93</b>	<b>1993/94</b>	<b>1994/95</b>	<b>1995/96</b>	<b>Média</b>
Produção (sc. 60 kg)	67	56	53	64	60
Preço (sc. 60 kg/US\$)	6,00	6,10	6,84	6,38	6,33
Receita total (US\$)	402,00	341,60	362,52	408,32	378,61
Custo de produção (US\$)	378,00	424,86	555,17	468,12	456,54
Custo de produção (sc. 60 kg)	63	70	82	74	72,25
Receita líquida (US\$)	24,00	(-83,26)	(-192,65)	(-59,80)	(-77,93)
Relação benefício/Custo	1,06	0,8	0,65	0,87	0,85
Unidades trabalhadas	3	16	4	4	-
Estados trabalhados	1	5	3	3	-

Fonte: Yokoyama et al. (1998)

## 26 MELHORAMENTO GENÉTICO DO ARROZ

### Introdução

O cultivo do arroz começou na Ásia, há mais de 10.000 anos, constituindo, desde então, um importante alimento para o homem. Hoje, mais de 40% da população mundial depende do arroz como alimento básico e o consumo é crescente no mundo, demandando cada vez mais aumento da produção.

A produtividade do arroz ficou estagnada por séculos em 1,0 a 1,5 t/ha, na maioria dos países asiáticos, até o final de 1950. Somente no Japão, ocorreram aumentos graduais de produção de mais ou

menos 1,3 t/ha em 900 a.C. para 2,5 t/ha no final do século XIX. Esse aumento deveu-se ao incremento da área irrigada e ao melhor manejo da irrigação.

Países como a Indonésia e Filipinas aumentaram mais a produção e a produtividade durante as décadas de 1960 e 1970 do que nos 7.000 anos que o precederam e de importadores passaram a exportadores.

Que transformação aconteceu?

O catalizador primário da mudança foi a utilização de cultivares de alto potencial produtivo, suportadas pelo manejo do solo e fertilização das plantas. O resultado foi uma elevação na produção de grãos de arroz na maioria dos países, que excederam a 5% ao ano.

A chave genética para esses avanços foi o desenvolvimento de cultivares altamente produtivas do grupo índica. A índica tradicional era alta, frondosa, etc., mas de baixo potencial de produção de grãos.

### Origem e espécies cultivadas

A origem do arroz deu-se no sudoeste asiático (centro principal) e na África (centro secundário). Todavia, se especula que o habitat original tenha sido o antigo supercontinente de "Gondwana", que quando se quebrou, tomando-se em África, Antártida, Austrália, Malagasy, América do Sul e Sudeste da Ásia, espécies de **Oryza** foram levadas a habitats geográficos distintos.

Existe 20 espécies de arroz distribuídas em todo o mundo. Entretanto, apenas duas são cultivadas:

- *Oryza sativa* L., de origem asiática (cariópse claro);
- *Oryza glaberrima* Steud, de origem africana (cariópse roxo).

A *Oryza glaberrima* está sendo gradualmente substituída pela *Oryza sativa*, que é a principal espécie. Estima-se que o número de cultivares nativas (tradicionais) no mundo possa atingir a 120.000.

Os principais países asiáticos que cultivam arroz reuniram germoplasmas nativos desde 1930. Como exemplo, podem-se citar a China (47.000 acessos) e a Índia (25.000 acessos). Os Estados Unidos possuem mais de 21.000 acessos e o Brasil em torno de 9.000 acessos.

O IRRI (Instituto Internacional de Pesquisa de Arroz) criou seu banco de germoplasma (BG) em 1961 e desde 1971 tem funcionado como um “BG Central” para coleção de base dos arroz do mundo. Hoje, o BG do IRRI possui mais de 90.000 acessos.

Como segurança extra para a coleção que representa os produtos de milhares de anos de seleção natural e humana, o IRRI deposita uma duplicata de sementes nos Estados Unidos (Colorado).

A espécie *Oryza sativa* possui três subespécies, também denominadas de raças ou grupos eco-geográficos:

**japônica:** principais cultivares da zona temperada. São de porte baixo, folhas estreitas, eretas e de coloração verde-escura, pilosas, colmos curtos, resistentes ao acamamento, respondem a pesadas adubações, altamente produtivas, de grãos arredondados que aglutinam-se com o cozimento;

**índica:** principais cultivares da zona tropical. São de porte alto, robustas, folhosas, de coloração verde-claro, leve pubescência ou glabra, colmos fracos com tendência a acamamento, respondem a fertilizantes principalmente com a produção de colmos, folhas e não de grãos. Têm grãos longos, estreitos, translúcidos e tende a dar um arroz cozido com grãos “soltos”. Os genótipos de arroz irrigado por inundação cultivados no Brasil pertencem ao grupo Índica;

**javânica:** conhecida também como japônica tropical. Possuem folhas largas, rígidas, de cor verde-claro; baixo perfilhamento e alta estatura. Seus grãos são largos e espessos, têm pelos longos na lema e pálea, arista ausente ou longa, baixo degrane e baixa sensibilidade ao fotoperíodo. Os genótipos tradicionais de arroz de sequeiro cultivados no Brasil pertencem ao grupo javânica.

### Melhoramento para tipo de planta

**Conceito de tipo de planta:** o termo **tipo de planta** refere-se a uma série de características morfológicas associadas à capacidade produtiva das cultivares de arroz.

Comparando-se cultivares de arroz de baixa e alta produtividade, sumarizaram-se suas características morfológicas:

- responsivas a **baixo N** – têm folhas longas, largas, finas, pendentes, verde-pálidas e hastes altas e fracas;
- responsivas a **alto N** – têm folhas eretas, estreitas, curtas, rígidas, verde-escuras e hastes curtas e robustas.

Da fisiologia, postularam que folhas rígidas verde-escuras perdem menos luz por meio da reflexão. Reduzido tamanho de folha e habitat ereto permitem distribuição uniforme da luz em todas as folhas e reduz a respiração. Conseqüentemente, a produção de MS (matéria seca) e produtividade aumentam, mesmo sob condições de baixa luz. Colmos curtos e robustos minimizam o acamamento.

Agricultura é a arte de colher o sol. O arroz requer 300 calorias/dia na fase reprodutiva para produção acima de 5.000 kg/ha. Para produções inferiores a esse patamar, a radiação solar parece não ter tanta importância.

Folhas eretas permitem aumentar muito o índice de área foliar (IAF) por minimizarem o auto sombreamento. O IAF crítico para o arroz é de 4 a 7. Para a soja é 3,2; para o milho é 6,0 e o trigo de 6 a 8. No arroz não se conta bainha para o cálculo do IAF como no milho, portanto está subestimado.

---

Tipo de planta desejável:

- para o arroz irrigado – porte baixo, folhas eretas e alto perfilhamento.
- para o arroz de sequeiro – porte intermediário, folhas superiores eretas, folhas inferiores decumbentes e perfilhamento intermediário.

Comparando-se as cultivares japônicas com as índicas, verificou-se que as japônicas produtivas se enquadravam no tipo de planta desejável, enquanto que as índicas tropicais tradicionais de baixo rendimento de grãos possuíam exatamente o tipo de planta indesejável. Tais observações sugeriram que cultivares japônicas deveriam ser cultivadas nos trópicos. Entretanto, a introdução direta das japônicas nos trópicos não foi favorecida por várias razões:

- maturação muito precoce das japônicas por causa do fotoperíodo e sensibilidade à temperatura, resultando em baixo rendimento;
- preferência da população da Ásia tropical pelos grãos da índica;
- falta de dormência dos grãos das japônicas.

Diante desse fracasso, a opção foi fazer híbridos entre japônicas e índicas. A FAO organizou um programa de hibridação índica-japônica. Desse programa, vieram cultivares para a Índia e Malásia. Todavia, os resultados gerais foram de pequeno impacto.

O clima quente do trópico foi considerado um fator responsável pelos baixos rendimentos. As altas temperaturas aumentam as perdas respiratórias e reduzem a produção de MS líquida. Isso foi corroborado pelos baixos rendimentos do arroz no sudoeste do Japão, onde a temperatura é mais alta.

Mais tarde, trabalhos do IRRI demonstraram que temperatura alta *per se* na Ásia Tropical não é barreira para aumentar a produção e sim as cultivares que dificultavam as tentativas para aumentar os rendimentos do arroz. Temperatura alta pode ser um fator importante quando potencial máximo nos trópicos e regiões temperadas são comparados.

### Desenvolvimento das cultivares modernas para as regiões tropicais

A maior contribuição da genética ao aumento da produção de grãos em arroz nos anos recentes foi o descobrimento do alelo recessivo para porte baixo presente nas cultivares chinesas *Dee-geo-woo-gen* e *I-geo-tze*. Elas são as únicas cujo nanismo não afeta as panículas e nem as espiguetas. O alelo da *Dee-geo-woo-gen* para nanismo se introduziu em um grande número de cultivares e linhas índicas melhoradas e, mais recentemente, nas japônicas. A origem precisa da *Dee-geo-woo-gen* é desconhecida, embora ela tenha sido cultivada pelos agricultores Taiwanenses antes de 1951.

Em 1949, **Dee-geo-woo-gen**, uma cultivar índica semi-anã, que perfilha intensamente, foi cruzada com **Tsai-yuan-chung**, uma cultivar de porte alto e resistente a doenças. Desse cruzamento, foi selecionada e lançada em 1956 a cultivar **Taichung Native 1 (TN1)**. A TN1 respondia a altos níveis de N e produzia 6 t/ha em média com recordes de 8,1 t/ha. Dessa forma, ela foi considerada a primeira cultivar índica de alta produtividade e seu desenvolvimento é considerado um dos eventos mais significativos na história do melhoramento do arroz. Ela demonstrou que o aumento do potencial de rendimento do arroz índica podia ser obtido pelo melhoramento dentro das índicas. Assim, ela apontou o caminho para o melhoramento do arroz tropical.

Em 1960, foi criado o IRRI pelas Fundações Ford e Rockefeller em cooperação com o governo Filipino. Em 1962, os melhoristas do IRRI cruzaram a *Dee-geo-woo-gen* com a *Peta*, uma cultivar alta de elevado perfilhamento. Desse cruzamento, foi selecionada e lançada em 1966 a cultivar IR 8, a qual possui folhas eretas, alto perfilhamento, insensibilidade ao fotoperíodo, porte baixo (semi-anã), colmos rígidos, responde bem ao N e produzia em torno de 6 t/ha na estação úmida e 9 t/ha na estação seca e, ocasionalmente, excedia a 10 t/ha. A IR 8 é considerada a primeira cultivar de arroz índica altamente produtiva adaptada a climas tropicais. Seu impacto foi elegantemente descrito como: **arroz anão – um**

---

**gigante na Ásia Tropical.** Tornou-se conhecida como “o arroz milagroso”.

A rápida difusão da IR 8 e de outras cultivares que a sucederam na Ásia e outros continentes promoveu o que se denomina de **Revolução Verde** e o arroz passou a chegar mais fartamente e com menor custo à mesa do consumidor. O resultado mais fantástico desse esforço do melhoramento genético foi o de que a produção mundial de arroz duplicou de 257 milhões de toneladas, em 1965, para 520 milhões, em 1990. Em 2001, levantamentos preliminares indicaram uma produção mundial, de 591 milhões de toneladas. Certamente, o melhoramento genético deu uma grande contribuição para esse aumento espetacular da produção de arroz.

### **Melhoramento genético de arroz no Brasil**

O melhoramento genético do arroz no Brasil foi iniciado em 1937, pelo IAC (Instituto Agrônomo de Campinas), com a cultura do arroz de sequeiro. Os primeiros trabalhos enfocaram a coleta de germoplasma tradicional e introdução de materiais de regiões e estados vizinhos. Somente em 1939, o IAC iniciou os trabalhos de hibridação. A “Pérola”, introduzida da ESAV (Escola Superior de Agricultura de Viçosa), e lançada em 1942, foi a primeira cultivar de arroz lançada no Brasil.

Em 1938, tanto o IAC quanto o IRGA (Instituto Riograndense do Arroz) deram início ao programa de melhoramento de arroz irrigado. À semelhança do sequeiro, numa primeira etapa, os trabalhos se pautaram na coleta de cultivares tradicionais, introdução e, em seguida, a hibridação. Somente em 1959, lançaram-se as primeiras cultivares oriundas da hibridação: EEA 301, EEA 302, EEA 303, EEA 401, 402 e 403. Essas cultivares eram de porte alto, susceptíveis ao acamamento, arquitetura inadequada (tradicional) e de baixo potencial de produção de grãos.

Os institutos de pesquisa agropecuária regionais (IPEACO, IPEACS, IPEAN, etc.) também tiveram papel importante no melhoramento genético do arroz no Brasil. Todavia, suas atividades se restringiam a testes de competição de cultivares regionais e de introduções e a indicação das superiores para plantio pelos agricultores da região. Na maioria dos estados eram recomendadas cultivares desenvolvidas pelo IAC, tais como: Dourado Precoce e IAC 1246 (sequeiro) e a IAC 120 e IAC 435 (irrigado).

Na década de 1970, foi criada a EMBRAPA, que substituiu os antigos institutos de pesquisa regionais e também diversas empresas estaduais de pesquisa, estabelecendo um novo modelo de pesquisa no país.

Sob a coordenação da Embrapa Arroz e Feijão, foi formado um “pool” de instituições de pesquisa, envolvendo empresas estaduais e universidades, dando um novo direcionamento ao melhoramento do arroz no Brasil. Inicialmente, realizou-se um intenso trabalho de coleta de cultivares tradicionais, incrementou-se a introdução de linhagens de várias instituições internacionais e implantou-se um amplo programa de hibridação.

Um fato marcante para o melhoramento do arroz no Brasil foi a criação, em 1982, das Comissões Técnicas Regionais de Arroz (CTArroz). Essas comissões foram constituídas por 35 instituições de pesquisa, envolvendo institutos de pesquisa, empresas estaduais de pesquisa e centros nacionais, sob a coordenação da Embrapa Arroz e Feijão.

Foram criados no país três CTArroz, a saber:

- CTArroz I (Região I) - RS e SC;
- CTArroz II (Região II) - PR, SP, RJ, BA, ES, MG, MS, MT, GO e TO;
- CTArroz III (Região III) - demais estados do país.

Essas comissões têm a função de coordenar o processo de avaliação de cultivares e linhagens de arroz criados pelos diferentes programas de melhoramento nacional ou internacional, definindo estratégias, critérios e opinando sobre a conveniência de lançamento de cultivares.

Além do mais, as CTArroz possibilitaram: formação de equipes de pesquisadores, essencial em qualquer programa de pesquisa; desenvolvimento de um trabalho mais cooperativo entre as diversas

instituições; padronização das informações; troca de informações e experiências dos pesquisadores; maximização dos recursos escassos destinados à pesquisa e, em consequência, aumentar a eficiência dos programas de melhoramento.

Para executar suas atividades, as CTArroz possuem três tipos de ensaios básicos, que são:

- Ensaio de observação (EO) – é a primeira fase de avaliação de linhagens oriundas dos diferentes programas de melhoramento de arroz do Brasil e do mundo. São testados um grande número de materiais, utilizando o delineamento de blocos aumentados de Federer. Os ensaios de observação são conduzidos em locais estratégicos de cada região. As avaliações são baseadas apenas nas características fenotípicas de alta herdabilidade. Os ensaios de observação são constituídos de materiais comuns em rede nos estados pertencentes às respectivas regiões da CTArroz.

- Ensaio Comparativo Preliminar (ECP) – o ensaio é composto por 25 a 36 entradas, selecionadas no EO, normalmente dispostas em delineamento de blocos casualizados ou látice com três repetições. Além das características dos ensaios de observação, é avaliado também o rendimento de grãos. À semelhança dos ensaios de observação, esses ensaios são conduzidos em rede interestadual, ou seja, nos estados de cada região.

- Ensaio Comporativo Avançado (ECA) – constituído geralmente por 16 a 20 genótipos dispostos em blocos casualizados com três ou quatro repetições. São instalados em vários locais de cada estado (rede intraestadual) e constitui-se no ensaio final de avaliação para recomendação de cultivares para plantio comercial. Nesta etapa, dá-se uma grande ênfase na avaliação de doenças, resistência à seca e ao acamamento, tipo de grão, qualidade culinária, estabilidade de comportamento e adaptabilidade às diversas condições edafoclimáticas de um determinado estado ou região específica. Após a criação da Lei de Proteção de Cultivares, esses ensaios estão sendo utilizados também como valor de cultivo e uso (V.C.U. ) com a finalidade de registro e proteção de cultivares.

Os programas de melhoramento de arroz no Brasil possuem algumas prioridades básicas de acordo com os sistemas de cultivo e, dentre elas, podem-se destacar o desenvolvimento de cultivares que apresentam as seguintes características, relacionadas a seguir.

#### **Para o sequeiro tradicional:**

- tolerância a déficit hídrico;
- resistência à brusone, escaldadura e mancha de grãos;
- tolerância ao acamamento;
- tolerância à toxidez de alumínio;
- grãos longo fino (agulhinha);
- boa qualidade culinária;
- adaptação ao plantio direto.

#### **Para o sequeiro com irrigação suplementar:**

- precocidade;
  - porte baixo/intermediário;
  - resistência ao acamamento;
  - resistência às doenças;
  - alto vigor inicial;
  - responsivas à melhoria de ambiente;
  - grão agulhinha e de boa qualidade;
  - alto potencial produtivo.
-

**Para o Irrigado por Inundação:**

- tolerância à toxidez de ferro e manganês;
- resistência ao acamamento;
- resistência às principais enfermidades;
- perfilhadoras;
- alta qualidade de grãos;
- alto potencial genético para produção de grãos.

**Métodos de melhoramento utilizados no arroz**

A planta de arroz possui flor andrógina, com baixa taxa de fecundação cruzada, inferior a 1%. Sua inflorescência é uma panícula terminal constituída por espiguetas contendo flores perfeitas

Em função de sua taxa de fecundação cruzada, os métodos de melhoramento comumente usados são aqueles desenvolvidos para as plantas autógamas, isto é: introdução, seleção em cultivares heterogêneas (seleção massal e seleção de linhas puras ou plantas individuais) e hibridação, onde as populações segregantes são conduzidas pelo processo genealógico, massal e retrocruzamento. É também empregada a seleção recorrente. Pode-se incluir ainda a cultura de anteras que, embora não seja propriamente um método, é um importante instrumento (ferramenta) para o atingimento rápido da hormozigose. O mesmo pode-se dizer do uso de mutagênicos para a obtenção de tipos com características não encontradas em cultivares comerciais.

Antes de discutir os referidos métodos serão feitos alguns comentários sobre a **Competição** que é um dos fatores mais críticos do arroz, a qual afeta a eleição de sistemas de melhoramento genético.

A competição é causada por taxas diferenciais de crescimento e tamanho das plantas vizinhas. Ela é mais pronunciada em cruzamentos de linhas altas x anãs. Plantas pequenas perfilham pouco, possuem colmos delgados e fracos, acumulam menos MS, apresentam alta esterilidade de grãos e

parecem agronomicamente indesejáveis. A tendência é de essas plantas serem eliminadas pela seleção natural ou artificial.

A capacidade competitiva está correlacionada negativamente com o valor agrônomo em áreas com um bom nível de tecnologia. Competidores débeis produzem mais quando são cultivados isoladamente e esta vantagem aumenta com aplicação de nitrogênio, espaçamento menor e controle adequado de água e inços.

Competidores fortes podem produzir mais que os débeis com práticas agrônômicas primitivas e severamente limitantes, mas nenhuma cultivar produzirá satisfatoriamente em tais condições. Para atenuar o efeito da competição, recomenda-se aumentar o espaçamento, reduzir a densidade, não aplicar N, usar cruzamentos múltiplos e plantio por covas (no caso do arroz irrigado).

É importante ressaltar que esta forte correlação negativa entre capacidade competitiva e valor agrônomo contradiz alguns dados em “populações segregantes” de outros cereais, os quais mostram um incremento no potencial de rendimento durante seleção massal a longo prazo.

Os principais métodos de melhoramento utilizados em arroz são:

**1 Introdução**

É o “método” mais simples e mais rápido de melhoramento de plantas. Consiste em introduzir um material de uma região para outra ou de um país para outro. É o processo mais utilizado em regiões onde a cultura é pouco desenvolvida. Neste caso, a simples introdução de novas cultivares será de grande utilidade para a implementação e desenvolvimento da cultura. Por outro lado, mesmo onde a cultura já é tradicionalmente explorada com boas cultivares, a introdução de novos materiais com uma determinada característica importante tem sido utilizado.

Podem-se dividir as introduções em três categorias:

**a) Introdução de cultivares comerciais:** trata-se de introduzir material que já é cultivado comercialmente em outra região ou país para uso direto pelos agricultores ou para serem utilizados em programas de melhoramento como fonte de alelos de interesse. Normalmente, mantém-se a denominação da cultivar, pois o material não sofreu nenhum tipo de seleção. Logo, não há razão para se mudar o nome.

**b) Introdução de linhagens:** consiste em introduzir linhagens que já atingiram a homozigose; porém, ainda não são cultivares comerciais. É comum um material que não teve bom comportamento na unidade central que o criou alcançar ótimos resultados em outras regiões, chegando mesmo em constituir em nova cultivar.

**c) introdução de populações segregantes:** consiste em introduzir material ainda segregante, geralmente de  $F_2$  a  $F_4$ . Neste caso, há necessidade de se fazer a seleção. Quando o material está segregando, há mais probabilidade de se manifestarem certas características no novo ambiente e que, provavelmente, não seriam tão acentuadas no local de origem, onde as condições de clima e solo são diferentes. Este método é, hoje, bastante utilizado no Brasil.

Obtenção de introduções:

c.1) coleta de germoplasma - expedição de coleta: materiais cultivados e silvestres;

c.2) aquisição de germoplasma: podem ser obtidas por meio de permuta, doação, compra, etc.

## 2 Seleção em cultivares heterogêneas

Esse método é um dos mais antigos utilizados no melhoramento de plantas. Ele só tem sucesso em populações heterogêneas já existentes, como cultivares antigas, em que geralmente ocorrem misturas de sementes, hibridações naturais e mutações.

A seleção pode ser conduzida de duas maneiras:

**a) Seleção massal:** nesse método, plantas individuais com características desejáveis são selecionadas, colhidas e suas sementes misturadas para produzir a geração seguinte, sem o benefício do teste prévio das progênes. O método tem por base a seleção fenotípica e seu objetivo é aumentar a proporção de genótipos superiores na população. Sua eficiência depende de quanto o fenótipo reflete o genótipo. A seleção massal é particularmente eficiente quando há ampla variabilidade genética na população e, sobretudo, quando aplicada a caracteres de alta herdabilidade. Para produtividade de grãos (caráter de baixa herdabilidade), esse método tem-se mostrado pouco eficiente. Hoje, a seleção massal, não tem sido mais utilizada como método de melhoramento. Seu uso tem-se restringido à manutenção e purificação de cultivares.

**b) Seleção de linhas puras ou plantas individuais:** à semelhança do método massal, visa explorar a variabilidade genética de cultivares heterogêneas. O método consiste na seleção individual de plantas de aspecto desejável e avaliação de suas descendências. Basicamente o método consiste em obter uma população de plantas heterogêneas; efetuar o plantio no campo de uma amostra representativa em baixa densidade para facilitar a seleção e na época oportuna selecionar plantas individuais. As sementes de cada planta são semeadas em linha, constituindo-se uma progênie. Posteriormente, realiza-se a seleção visual entre as progênes, baseando-se em caracteres de alta herdabilidade. Essa avaliação poderá estender-se por várias gerações e em diferentes condições de ambiente. Quando não se puder mais estabelecer diferenças visuais entre as progênes, inicia-se o processo de avaliação em ensaios comparativos das linhagens entre si e destas com cultivares comerciais. Nesta etapa, a seleção é baseada também nos caracteres de baixa herdabilidade, como a produção de grãos. Após estas avaliações, selecionar apenas uma progênie superior a tornaria muito

vulnerável. Por isso, recomenda-se efetuar a seleção de algumas progênies (em torno de cinco a dez), misturar suas sementes e, assim, obter uma multilinha, que se constitui em nova cultivar, a qual, entraria nos ensaios de competição.

### 3 Hibridação

Visa combinar, em um mesmo indivíduo, um ou mais fenótipos favoráveis que estão em indivíduos diferentes. Para isso é realizado o cruzamento de dois ou mais pais e, a partir da geração  $F_2$ , a população segregante é conduzida por diversos métodos.

#### a) Método genealógico

A seleção é efetuada entre e dentro das progênies, já a partir das primeiras gerações. Esse é o processo mais amplamente utilizado na cultura do arroz pelas seguintes razões: as plantas de cada geração podem ser avaliadas para características como resistência às pragas, doenças e qualidade de grãos, fornecendo informações para a eliminação de plantas inferiores, permitindo a concentração de esforços do melhorista apenas nos materiais mais promissores; o método é eficiente para características de alta herdabilidade e a avaliação em condições de campo, por vários anos, aumenta a segurança da avaliação, pois evita-se a competição inter-genotípica.

As principais desvantagens são: limitações impostas com relação à quantidade de progênies que o melhorista pode conduzir, já que as avaliações são efetuadas em plantas individuais e de linhas e requer muitas anotações; exige maior familiaridade (experiência) do melhorista com o material e a avaliação de plantas espaçadas pode não correlacionar bem com condições normais de espaçamento.

De todas as cultivares atualmente recomendadas no Brasil nos diferentes sistemas de cultivo, apenas duas (BR-IRGA 412 e 413 - obtidas por seleção de linhas puras) não foram selecionadas pelo método genealógico.

#### b) Método de bulk ou massal

A população segregante é conduzida, por algumas gerações, utilizando uma amostra da mistura de sementes da geração anterior. A seleção só é efetuada em gerações avançadas quando a maioria dos locos já está em homozigose. As principais vantagens são a facilidade de condução e a flexibilidade, que permitem ao melhorista conduzir várias populações segregantes ao mesmo tempo. Todavia, o método apresenta duas desvantagens:

1. amostras de tamanhos inadequados em gerações sucessivas podem diminuir a variabilidade genética;
2. a seleção natural que atua na população pode modificar a frequência alélica, beneficiando os alelos não favoráveis aos caracteres de interesse.

O método de bulk foi utilizado em arroz durante décadas nas áreas tropicais e temperadas. Contudo, seu uso não resultou em ganhos significativos no aumento da produtividade de grãos em arroz. Ao contrário, foi o responsável pelo estancamento do rendimento nos trópicos. Nas regiões temperadas, obteve-se êxito moderado nos programas que utilizaram cultivares japônicas estreitamente relacionadas e morfologicamente similares.

Por outro lado, esse método foi efetivo na seleção de certos caracteres independentes da densidade, como tamanho do grão, qualidade de cocção, maturação, insensibilidade ao fotoperíodo, resistência, etc.

Atualmente, os melhoristas têm evitado ou modificado completamente o sistema massal convencional. Uma delas é a eliminação de todos segregantes altos e competitivos nas gerações  $F_2$  de cruzamentos entre progenitores divergentes. O Bulk não tem sido muito utilizado no Brasil e não são conhecidos registros de cultivares obtidas por esse método. Mais recentemente, essa metodologia vem despertando o interesse dos melhoristas e sua adoção já começa a ser incrementada.

---



### c) Método do retrocruzamento

Pressupõe a existência de uma cultivar com bons atributos, exceto no que se refere a uma característica, em relação a qual é deficiente. Nesse caso, essa cultivar é cruzada com outra que possui

o fenótipo desejável. As plantas das gerações subseqüentes são cruzadas novamente (retrocruzadas) com a primeira cultivar, visando recuperar a sua constituição genética. Para tanto, são realizadas seleções apenas para o caráter que está se transferindo.

A exemplo do bulk, o retrocruzamento não tem sido muito utilizado no Brasil na cultura do arroz e evidências indicam que o mesmo ocorre em outros centros de melhoramento de arroz. A grande desvantagem do retrocruzamento é que nenhuma cultivar é tão boa que seja necessário melhorar apenas uma característica.

O retrocruzamento é útil para certos problemas como qualidade de grãos e resistência a enfermidades. Não existe também registro de cultivares de arroz obtidas por esse método.

### d) Seleção recorrente

A seleção recorrente é um método mais comumente utilizado em espécies alógamas e só recentemente passou a ser utilizado mais intensamente na cultura do arroz, graças à descoberta da macho-esterilidade e as novas técnicas de cruzamento, as quais facilitam a recombinação.

A seleção recorrente é qualquer processo cíclico de melhoramento que envolve a obtenção das progênes ou famílias, suas avaliações e o intercruzamento das melhores. Portanto, ela visa aumentar a frequência dos alelos favoráveis na população e, conseqüentemente, aumenta a chance de se identificar genótipos superiores. Essa possibilidade não ocorre com os outros métodos de melhoramento. Outra vantagem da seleção recorrente em autógamas é permitir a recombinação de genes ligados.

Em síntese, o método da seleção recorrente consiste na escolha de um grupo de genótipos com os fenótipos de interesse e intercruzamento dos mesmos. Assim, obtém-se a primeira população (ciclo 0 ou Co). Dessa população base ou descendente são retiradas progênes  $S_{0:1}$ ,  $S_{0:2}$ , etc., que são

avaliadas. As melhores são selecionadas e recombinadas para se obter a população de ciclo 1 ( $C_1$ ). Esse processo é contínuo e só termina quando as progênes obtidas mostram o desempenho desejado.

A principal desvantagem desse método em autógamas é a dificuldade de recombinação. Todavia, no arroz, esta operação, hoje, está facilitada pelas novas técnicas de cruzamento.

## 4 Cultura de anteras

Nas anteras e nos grãos de pólen, as células são haplóides devido à ocorrência da meiose. Sendo assim, por intermédio da cultura desses órgãos, serão obtidas plantas haplóides, as quais, após serem submetidas a um tratamento com colchicina, terão o número de cromossomos duplicado, restabelecendo a condição diplóide. Essas plantas assim obtidas serão homozigóticas para todos os locos.

Portanto, além da economia de vários anos no tempo necessário para obtenção de novas linhagens, a cultura de anteras representa economia de espaço, mão-de-obra e de recursos para a pesquisa.

A cultura de anteras tem três objetivos básicos:

a) aceleração do processo de obtenção de linhagens, evitando várias gerações de autofecundação no melhoramento convencional;

b) mutagênese – haplóides são especialmente úteis para estudos de mutagênese. Não havendo relação de dominância e recessividade, uma vez estabelecida uma mutação ela é imediatamente expressa;

c) cruzamentos amplos – índica x japônica ou sequeiro x irrigado; há uma grande ocorrência de esterilidade. É possível obter uma boa produção de calos a partir de plantas  $F_1$  estéreis e a

partir deles regenerar plantas normais.

Dentre as inúmeras dificuldades da cultura de anteras, podem-se destacar:

- a principal dificuldade é ainda a baixa frequência de haplóides produzidos;
- no processo de regeneração existe uma seleção, porque nem todas linhagens regeneram e seleção no tubo de ensaio não tem vantagem para o campo.

## 5 Mutação

A utilização de agentes mutagênicos pode ser empregada como um método auxiliar nos programas de melhoramento. Os mais utilizados são as radiações ionizantes menos densas como os raios X e os raios gama. Radiações ionizantes densas, como os raios alfa e nêutrons, podem causar também translocações e perdas cromossômicas.

As sementes de arroz são submetidas a diferentes cargas de radiações e, após semeadas em condições de campo, onde se iniciam os trabalhos de seleção, procura-se identificar plantas com características desejadas.

As mutações são utilizadas para características que não dispõem de fontes naturais ou que já foram esgotadas. Veja alguns exemplos:

- porte baixo para arroz de sequeiro (tem sido feito na África);
- qualidade de grãos, principalmente para o arroz de sequeiro;
- tolerância ao frio e ao herbicida glifosato (p.e., controle do arroz vermelho);
- tolerância a pragas e doenças;
- macho-esterilidade genética.

Diversas cultivares de arroz obtidas por mutação já foram lançadas no mundo.

## 27 LITERATURA CONSULTADA

AGRIANUAL 2004. Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio. 2004. 496 p.

AMATO, G.W.; CARVALHO, J.L.V.; SILVEIRA FILHO, S. **Arroz parboilizado: tecnologia limpa, produto nobre**. Porto Alegre: Ricardo Lenz, 2002. 240 p.

ANGLADETE, A. **El Arroz**. Barcelona, Blume, 1969. 867 p.

ARNT, M. Origem e desenvolvimento do arroz parboilizado. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 30, n. 300, p. 21-22, 1997.

ARROZ: Investigación y Producción. Cali, CIAT, 1985. 696 p.

ARROZ irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil. Balneário Camboriú: EPAGRI/EMBRAPA/CPATC/IRGA, 1997. 80 p.

BARBOSA FILHO, M.P. **Nutrição e adubação do arroz (sequeiro e irrigado)**. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1987. 129 p. (Boletim técnico,

9).

BRANDÃO, S.S. **Cultura do arroz**. Viçosa: UFV, 1974. 194 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Abastecimento. **Norma de identidade, qualidade, embalagem e apresentação do arroz**. Brasília, 1989. v.9, n.617, 35p.

CASTRO, E. da M.; VIEIRA, N.R. de A.; RABELO, R.R.; SILVA, S.A. **Qualidade de grãos em arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 30p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 34).

COELHO, M.B.; BERNARDO, S.; BRANDÃO, S.S.; CONDÉ, A.R. Efeito da água disponível no solo e de níveis de nitrogênio sobre duas variedades de arroz. **Revista Ceres**, Viçosa, v.24, n.135, p. 461-83, 1977.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5º aproximação. Viçosa, 1999. 355p.:il.

CONAB. **Companhia nacional de abastecimento**. Quinto levantamento da safra agrícola 2003/2004 – junho 2004. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em: 25 ago. 2004.

DE DATA, S.K. **Principles and practices of rice production**. New York: John Wiley & Sons, 1981. 618 p.

Del GÍUDICE, R.M.; BRANDÃO, S.S.; GALVÃO, J.D.; GOMES, R.J. Irrigação do arroz por aspersão; profundidade de rega e limites de água disponível. **Experientiae**, Viçosa, v.18, p. 103-23, 1974.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (Goiânia, Go) **Manejo da cultivar Maravilha**. Goiânia, 1997. 38 p. (EMBRAPA-CNPAF. Informe Técnico, 1).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária de Terras Baixas de Clima Temperado. **Fundamentos para a cultura do arroz irrigado**. Campinas, Fundação Cargil, 1985. 317 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **Recomendações técnicas para o cultivo do arroz de sequeiro**. Brasília, 1996. 31p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço de Produção de Informação (Brasília, DF). **Recomendações técnicas para arroz em regiões com deficiência hídrica**; zonas 10, 16, 19, 20, 58, 59, 60, 61 e 91. Brasília: 1992. 130p.

FAGERIA, N.K. **Adubação e nutrição mineral da cultura de arroz**. Rio de Janeiro, Editora Campus, 1984. 341 p.

---

FAGERIA, N.K. Nutrição mineral. In: A CULTURA DO ARROZ NO BRASIL. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p. 172-196.

FAO. **Fao production yearbook**. Rome. 2004. v.58. Disponível em: <[www.fao.org](http://www.fao.org)>. Acesso em: 25 ago. 2004.

FERREIRA, C.M., org. **Recomendações técnicas para a cultura do arroz irrigado no Nordeste**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1998. 56p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 86).

FERREIRA, E. **Insetos que atacam o arroz e feijão armazenados e seu controle**. (s.l.): EMBRAPA/CNPAF, 1986. n.p.

FORNASIERI FILHO, D. & FORNASIERI, J.L. **Manual da cultura do arroz**. Jaboticabal: FUNEP, 1993. 221 p.

GALLI, J.; TERRES, A.L.; GASTAL, F.L.C. Origem, histórico e caracterização da planta de arroz. In: FUNDAÇÃO CARGIL. **Fundamentos para a cultura do arroz irrigado**. Campinas: 1985. p. 1-14.

GONZÁLEZ, J. Origen, taxonomia y anatomia de la planta (*Oryza sativa* L.). In: CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. **Arroz: Investigación y producción**. Cali: 1985. p.47-64.

GONZÁLEZ, J.; ROSERO, M.; ARREGOCÉS, O. Morfologia de la planta de arroz. In: CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. **Arroz: Investigación y producción**. Cali, 1985. p.65-80.

GUIMARÃES, C.M. & BEVITÓRI, R. O arroz em sistemas de rotação de culturas. In: A CULTURA DO ARROZ NO BRASIL. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p. 148-171.

GUIMARÃES, E.P.; SANTANA, E.P.; RANGEL, P.H.N. **EMBRAPA e parceiros lançam 85 cultivares de arroz em 15 anos de pesquisa**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF. 1997.n.p. (EMBRAPA-CNPAF. pesquisa em Foco, 4).

IBGE. **Instituto brasileiro de geografia e estatística**. 2004. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 25 ago. 2004.

INFORME AGROPECUÁRIO. Arroz irrigado e de sequeiro. Belo Horizonte: EPAMIG, 1984. 72 p.

INFORME AGROPECUÁRIO. Arroz de sequeiro: novas perspectivas para o produto. Belo Horizonte: EPAMIG, 1989. 112 p.

INFORME AGROPECUÁRIO. Arroz: várzeas garantem a produtividade. Belo Horizonte: EPAMIG, 1979. 108 p.

---

INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Proceeding of the workshop on chemical aspectos of rice grain quality**. Los Baños: IRRI. 1979. 390 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola de Minas Gerais; dados oficiais das safras 1997-2001**. Belo Horizonte, 1997-2001. n.p. (Levantamentos de abril).

JENNINGS, P.R.; COFFMAN, W.R.; KAUFFMAN, H.E. **Mejoramiento de Arroz**. Cali: CIAT, 1981. 233 p.

KLUTHCOUSKI, J.; PACHECO, A.R.; TEIXEIRA, S.M.; OLIVEIRA, E.T. de. **Renovação de pastagens de cerrado com arroz**. I. Sistema Barreirão. Goiânia, EMBRAPA/CNPAF, 1991. 20 p. (EMBRAPA/CNPAF. Documentos, 33).

KLUTHCOUSKI, J.; SÉGUY, L.; BOUZINAC, S. R.R.; RAISSAC, M.M.; MOREIRA, J.A.A. O arroz nos sistemas agrícolas do cerrado. IN: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 3., 1987, Goiânia. **Anais**. Goiânia: EMBRAPA- CNPAF, 1991. p.281-330. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 25)

LEÓN, L.A. & ARREGOCÉS, O. Factores que afectan la respuesta a la fertilización nitrogenada del arroz. In: CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. **Arroz: Investigación y producción**. Cali: 1985. p.307-340.

MACHADO, M.O. Caracterização e adubação do solo. In: FUNDAÇÃO CARGIL. **Fundamentos para a cultura do arroz irrigado**. Campinas, 1985. p. 129-177.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E.; FORNASIERI FILHO, D. Nutrição mineral da cultura do arroz. In: CULTURA DO ARROZ DE SEQUEIRO; fatores afetando a produtividade, 1983. **Anais...** Jaboticabal: UNESP, 1983. p. 95-140.

MANZAN, R.J. Irrigação por aspersão na cultura do arroz. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 10, n. 114, p. 38-40, 1984.

MEDEIROS, R.D. de. **Efeitos da compactação do solo e da umidade sobre a absorção de N, P, K, os componentes de produção e a produtividade de grãos de arroz**. Lavras, UFLA, 2004. 162p. (Tese de doutorado em Fitotecnia).

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Cenário futuro do negócio agrícola de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 1995. v. 3, 57 p.

MOURA NETO, F.P. **Desempenho de cultivares de arroz de terras altas sob plantio direto e convencional**. Lavras, UFLA, 2001. 92p. (Dissertação-Mestrado em Fitotecnia).

---

NOLDIN, J.A.; COBUCCI, T. **Manejo de plantas daninhas na cultura do arroz em várzea e terras altas**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1998. 17 p.

OLIVEIRA, I.P. de; KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L.P.; DUTRA, L.G.; PORTES, T. de A.; SILVA, A.E. da; PINHEIRO, B. da S.; FERREIRA, E.; CASTRO, E. da M. de. **Sistema Barreirão**: recuperação/renovação de pastagens degradadas em consórcio com culturas anuais. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP-APA, 1996. 90p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 64).

PEDROSO, B.A. **Arroz irrigado**; obtenção e manejo de cultivares. Porto Alegre: Sagra, 1982. 175 p.

PEDROSO, B.A. O que a lavoura de arroz produz além do arroz. **Lavoura Arrozeira**. Porto Alegre, v.50, n.433, p 28-29, set/dez. 1997.

RAMOS, M.G. e outros. **Manual de produção do arroz irrigado**. Florianópolis: EMPASC/ACARESC, 1981. 225p.

SÁ, J.C. de M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: INTERRELAÇÃO FERTILIDADE, BIOLOGIA DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS. Lavras: UFLA/DCS, 1999. p.267-319.

SILVA, P.D. Arroz parboilizado. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 33, n. 319, p. 40-49, 1980.

SILVEIRA FILHO, A. AQUINO, A.R.L. de ; SANTOS, A.B. de. **Controle de plantas daninhas na cultura de arroz de sequeiro**. Goiânia. EMBRAPA-CNPAP, 1984. 6 p. (Comunicado Técnico, 15).

SIMPÓSIO SOBRE A CULTURA DO ARROZ DE SEQUEIRO. **Cultura do arroz de sequeiro**; fatores afetando a produtividade. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, 1983. 422 p. (Anais).

SOARES, A.A.; CORNÉLIO, V.M. de O.; SOARES, P.C.; REIS, M. de S. Canastra e confiança; cultivares melhoradas de arroz para plantio em condições de sequeiro tradicional e irrigado por aspersão. **Revista Ceres**, Viçosa, v.44, n.252, p.230-240, 1997.

SOARES, A. A.; REIS, M. de S.; CORNÉLIO, V. M. de O.; SOARES, P. C. Samburá e mucuri, cultivares melhoradas de arroz para as várzeas úmidas de Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v.43, n.247, p.301-308, 1996.

SOARES, A.A.; REIS, M. de S.; CORNÉLIO, V.M. de O.; SOARES, P.C. Urucuia, Sapucaí e Capivari; novos cultivares de arroz irrigado para o Estado de Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v.42, n.240, p.225-232, 1995.

SOARES, A. A.; REIS, M. S. de; SOARES, P. C. Caiapó, nova opção de arroz de sequeiro para Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v.40, n.231, p. 513-517, 1993.

---

SOARES, A.A.; SOARES, P.C. & SOUZA, A.F. Guarani, cultivar precoce de arroz de sequeiro para Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v.39, n.224, p.385-90, 1992.

SOARES, P.C.; SOARES, A.A.; CORNÉLIO, V.M.O.; REIS, M.S. Jequitibá: cultivar de arroz irrigado para as várzeas mineiras. **Revista Ceres**, Viçosa, v.44, n.256, p.639-645, 1997.

STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A.; SILVA, S.C. da. **Tensão da água no solo adequada para controle da irrigação do arroz de terras altas**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF. 1997.n.p. (EMBRAPA-CNPAF. pesquisa em Foco, 2).

STONE, L.F.; PEREIRA, A.L. **Espaçamento entre linhas para o arroz sob irrigação suplementar por aspersão**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF. 1997. n.p. (EMBRAPA-CNPAF. pesquisa em Foco, 3).

VIEIRA, N.R. de; SANTOS, A.B. dos; SANT'ANA, E.P. (eds.). **A cultura de arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. 1999. 633p.il.

YOKOYAMA, L.P.; KLUTHCOUSKI, J.; OLIVEIRA, I.P. de; BALBINO, L.C.. **Uma opção para reforma de pastagens: sistema barreira - análise econômica**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF. 1998.n.p. (EMBRAPA-CNPAF. pesquisa em Foco, 11).

YOKOYAMA, L.P.; KLUTHCOUSKI, J.; OLIVEIRA, I.P. de; DUTRA, L.G.; SILVA, J.G. da; GOMIDE, J. de C.; BUSO, L.H. **Sistema barreira**: análise de custo/benefício e necessidade de máquinas e implementos agrícolas. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF-APA, 1995. 31p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 56).

YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. Los Baños: IRRI. 1981. 269 p.

YOSHIDA, S.; PARÃO, F.T. Climatic Influence in yield components of lowland rice in the tropics. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Climate and rice**. Los Bãnos, IRRI, 1976. p. 472-94.

---