

Avaliação da Tolerância de Genótipos de Arroz Irrigado à Salinidade na Fase Vegetativa

Walkyria Bueno Scivittaro¹
Paulo Ricardo Reis Fagundes¹
Ariano Martins de Magalhães Júnior¹
Anderson Dias Silveira²
Daiane Claudino de Mello²
Ana Paula Levandoski²
Marla de Oliveira Farias³

Introdução

No Rio Grande do Sul as lavouras de arroz estão localizadas em seis regiões distintas quanto ao clima, solo e estrutura fundiária: Fronteira Oeste, Campanha, Depressão Central, Planície Costeira Interna, Planície Costeira Externa e Sul. Especificamente na região litorânea do Estado, abrangendo as lavouras de arroz da Planície Costeira, são comuns as situações de prejuízos, decorrentes da salinização da água dos mananciais (GOMES et al., 2008). Isto ocorre no verão, principalmente nos meses de janeiro e fevereiro, quando a precipitação pluviométrica é baixa, reduzindo o nível dos rios e lagoas que abastecem as lavouras e, em consequência, tais mananciais passam a receber direta ou indiretamente a água salgada do oceano Atlântico. Na prática, isso se reflete em reduções severas na produtividade do arroz (MACHADO et al., 1999).

A salinidade é um dos critérios determinantes da qualidade da água de irrigação, sendo estabelecida pela presença de concentrações excessivas de sais solúveis (GOMES et al., 2004), que afetam o crescimento das plantas. O efeito

depressivo proporcionado pela salinidade aumenta com a concentração de sais (FAGERIA, 1985), existindo um nível mínimo a partir do qual ocorre supressão no crescimento das plantas, o qual varia entre espécies e mesmo entre cultivares da mesma espécie. Para o arroz, por longo período, aceitou-se que a condutividade elétrica para esse limiar era próxima de 3 dS m⁻¹ (MASS; HOFFMAN, 1977). Estudos posteriores sustentaram, porém, a revisão desse valor para cultivares modernas, que foi reduzido a 1,9 dS m⁻¹ (GRATTAN et al., 2002).

A intensidade com que o estresse salino influencia o crescimento e a produtividade do arroz é determinada por vários fatores, destacando-se a composição salina do meio, a intensidade e duração do estresse, as condições edafoclimáticas, a cultivar e o estágio fenológico da cultura (MAAS; HOFFMAN, 1977). Com relação a este último fator, de forma geral, as plantas de arroz são tolerantes durante a germinação e muito sensíveis na fase de plântula; após, o grau de tolerância aumenta

¹Eng.-agrôn., D.Sc., pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, walkyria.scivittaro@embrapa.br; paulo.fagundes@embrapa.br; ariano.martins@embrapa.br.

²Acadêmico de Agronomia, Faem-UFpel, Pelotas, RS, bolsista PROBIC FAPERGS, andersonsilveira36@gmail.com; daiaam@hotmail.com; anapaula.levandoski@gmail.com.

³Eng.-agrôn., D.Sc., bolsista DTI do CNPq, Pelotas, RS, marla_farias@yahoo.com.br.

progressivamente, até a diferenciação da panícula, voltando a decrescer na floração (YOSHIDA, 1981).

Este trabalho tem o objetivo de avaliar a tolerância de genótipos de arroz à salinidade da água de irrigação na fase vegetativa.

O experimento foi realizado em casa de vegetação, na Embrapa Clima Temperado, em Pelotas, RS, no período de novembro de 2011 a fevereiro de 2012. Utilizaram-se vasos com capacidade para 20 dm³, contendo 15 kg de terra proveniente da camada superficial (0 a 20 cm) de um Planossolo Háptico (SANTOS et al., 2006), com 19 mg dm⁻³ de sódio extraível.

Dois meses antes da instalação do experimento procedeu-se à correção da acidez do solo para pH 5,5. Em pré- semeadura procedeu-se à adubação do solo com ureia, superfosfato triplo e cloreto de potássio, em doses correspondentes a 20 kg ha⁻¹ de N e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e de K₂O, respectivamente.

Os tratamentos compreenderam as combinações de cinco genótipos de arroz irrigado (linhagens AB 11047 e CNAi 9903 e cultivares BRS Bojuru e BRS Sinuelo CL, de ciclo médio, e cultivar BRS Pampa, de ciclo precoce) e de cinco níveis de salinidade na água de irrigação (testemunha sem sal; e soluções 0,25%; 0,50%; 0,75% e 1,0% de NaCl) aplicada na fase vegetativa (período compreendido entre o estágio de quatro folhas (V4) e a diferenciação da panícula (estádio R1). Os tratamentos foram dispostos em delineamento experimental inteiramente ao acaso, em arranjo fatorial, com três repetições.

Em cada vaso foram semeadas 15 sementes de um genótipo de arroz, distribuídas em três covas. Quando se visualizou o colar da primeira folha do colmo principal (estádio V1) realizou-se um desbaste, mantendo três plantas por vaso. A adubação nitrogenada em cobertura, em dose correspondente a 50 kg ha⁻¹ de N, na forma de ureia, foi realizada no estágio de quatro folhas (V4), um dia antes do início da irrigação por submersão do solo. O acompanhamento dos estádios de desenvolvimento do arroz foi realizado utilizando-se, como referência, a escala de Counce et al. (2000).

Semanalmente, a partir da aplicação dos tratamentos de sal na água de irrigação, determinou-se o grau de tolerância dos genótipos de arroz à salinidade, considerando-se o porcentual de folhas descoloridas e/ou mortas, conforme escala proposta do IRRI

(INTERNATIONAL..., 1975). Na diferenciação da panícula realizou-se a avaliação final das plantas, determinando-se a estatura e as produções de matéria fresca e de matéria seca da parte aérea. Estes dados foram submetidos à análise de variância, comparando-se as médias do fator genótipo de arroz, pelo teste de Tukey (P<0,05), e do fator nível de salinidade na água de irrigação, por análise de regressão polinomial (P<0,05).

Os sintomas de danos por salinidade nas plantas de arroz manifestaram-se, apenas, em avaliação realizada 19 dias após a aplicação dos tratamentos com sal. Nesta ocasião, para todos os genótipos, os sintomas foram de toxidez leve (nota≤3), ou seja, pontos esbranquiçados nas extremidades das folhas superiores, e restringiram-se aos tratamentos com concentração igual ou superior a 0,50% de NaCl (Tabela 1). A partir de então a evolução dos sintomas foi contínua, com pequenas variações de intensidade entre os genótipos, de forma que aos 40 dias após a aplicação dos tratamentos as plantas submetidas aos dois níveis mais altos de salinidade na água de irrigação receberam notas média a alta (5 a 7). Já sob os níveis menores de NaCl, incluindo a concentração 0,50%, que é considerada elevada (MACHADO et al., 1999), as plantas mostraram-se tolerantes à salinidade (Tabela 1), fato que possivelmente está associado à tolerância crescente de genótipos de arroz à salinidade ao longo da fase vegetativa (YOSHIDA, 1981).

Tabela 1. Intensidade de sintomas de danos por salinidade em genótipos de arroz irrigado, de acordo com escala do IRRI (INTERNATIONAL..., 1975)¹, em função da concentração salina da água de irrigação na fase vegetativa em três épocas de avaliação. Safra 2011/2012. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Genótipo	Concentração de NaCl na água de irrigação				
	Test.	0,25%	0,50%	0,75%	1,00%
<i>Época 1: 19 dias após a aplicação dos tratamentos de sal</i>					
CNAi 9903	1	1	1*	2	3
BRS Pampa	1	1	2	2*	3
BRS Sinuelo CL	1	1	2	2*	3
AB 11047	1	1	1	1*	2*
BRS Bojuru	1	1	1	1*	2
<i>Época 2: 40 dias após a aplicação dos tratamentos de sal</i>					
CNAi 9903	1	2	3	5	7
BRS Pampa	1	2*	3*	5	7
BRS Sinuelo CL	1	2	3	5	5*
AB 11047	1	1*	3	5	7
BRS Bojuru	1	2	3*	5*	7*
<i>Época 3: diferenciação da panícula (69 a 83 dias após a aplicação dos tratamentos de sal)</i>					
CNAi 9903	1	2*	5	7	9
BRS Pampa	1	5	7	9	9
BRS Sinuelo CL	1	3	5	7*	9
AB 11047	1	3	7*	9	9
BRS Bojuru	1	7	9	9	9

¹Escala visual de avaliação de tolerância à salinidade: nota 1- ausência de sintomas de danos por salinidade (planta tolerante - "T"); nota 3- 1% a 5% das folhas com sintomas de danos por salinidade (planta tolerante - "T"); nota 5- 5% a 25% das folhas com sintomas de danos por salinidade (planta moderadamente tolerante - "MT"); nota 7- 25% a 50% das folhas com sintomas de danos por salinidade (planta moderadamente suscetível - "MS"); e nota 9- >50% das folhas com sintomas de danos por salinidade (planta suscetível - "S"). n*- sintomatologia intermediária entre a nota n e n+2.

A avaliação final de sintomas de danos por salinidade foi realizada por ocasião da diferenciação da panícula, cuja época de ocorrência variou entre os genótipos, em função da duração do ciclo biológico e da suscetibilidade ao excesso de sal na água de irrigação, ocorrendo aos 69 dias após a emergência (DAE), para os genótipos CNAi 9903 e 'BRS Sinuelo CL'; aos 76 DAE, para 'BRS Pampa' e AB 11047; e aos 83 DAE, para 'BRS Bojuru'. Neste estágio, que corresponde ao início da fase reprodutiva, as plantas de todos os genótipos mostraram-se bastante afetadas pelo excesso de sal na água de irrigação, nos tratamentos com níveis altos de salinidade ($\geq 0,50\%$ NaCl), exceção feita para os genótipos CNAi 9903 e 'BRS Sinuelo CL' que foram moderadamente tolerantes sob a concentração de 0,50% de NaCl. Sob nível médio de salinidade (0,25% NaCl), apenas a 'BRS Bojuru' não mostrou reação de tolerância ao sal; os demais genótipos classificaram-se como tolerantes ou moderadamente tolerantes (Tabela 1). Quanto a este resultado, ressalta-se que a avaliação da 'BRS Bojuru' foi realizada sete ou 14 dias após a dos demais genótipos, que tiveram seu ciclo abreviado pelo estresse por excesso de sal, sendo esse efeito de maior magnitude para os genótipos de ciclo médio. Assim, é provável que os danos mais intensos verificados para

a 'BRS Bojuru' estejam associados ao período maior de exposição ao estresse (MAAS; HOFFMAN, 1977), visto se tratar de uma cultivar referência com relação à tolerância à salinidade, particularmente na fase reprodutiva, em que a sensibilidade da espécie ao estresse salino é maior (YOSHIDA, 1981)

A intensidade com que o estresse salino influencia o crescimento e a produtividade do arroz é determinada por fatores associados à própria planta, ao solo e à água de irrigação, às práticas de manejo e às condições ambientais (MAAS; HOFFMAN, 1977). Levando-se em consideração a interação entre tais fatores uma cultivar pode manifestar tolerância à salinidade, sobrevivendo e, às vezes, até crescendo, mesmo que em taxas menores, ou pode mostrar-se suscetível, apresentando redução severa no crescimento ou morte, dependendo da intensidade do estresse salino (CAMBRAIA, 2005; FAGERIA, 1991).

As variáveis estatura de planta, produção de matéria fresca e produção de matéria seca da parte aérea foram influenciadas pela interação entre os fatores cultivar e nível de sal na água de irrigação.

Quanto à estatura de planta, de forma geral, independentemente da concentração de sal na água de irrigação, o genótipo AB 11047 destacou-se em relação aos demais, pelo porte alto, bastante superior ao da 'BRS Pampa', CNAi 9903 e 'BRS Bojuru', com estatura intermediária, e ao da 'BRS Sinuelo CL', de porte mais baixo (Tabela 2). O efeito do nível de sal na água de irrigação sobre a estatura das plantas de arroz foi semelhante para todos os genótipos avaliados, com redução dos valores em resposta ao incremento da concentração de sal em

solução (Figura 1).

Na ausência de estresse e sob nível médio de sal (0,25%) na água de irrigação, a produção de matéria fresca dos genótipos de arroz refletiu suas características originais. Assim, maior produção de massa foi determinada para a linhagem AB 11047, seguida pelas cultivares BRS Pampa e BRS Bojuru, com produção intermediária e, finalmente, pela 'BRS Sinuelo CL' e linhagem CNAi 9903, que apresentaram menor produção de matéria fresca.

Tabela 2. Estatura de planta (cm) de genótipos de arroz em função do nível de sal na água de irrigação. Avaliação realizada na diferenciação da panícula. Safra 2011/2012. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Genótipo	Concentração de NaCl na água de irrigação				
	Test.	0,25%	0,50%	0,75%	1,00%
CNAi 9903	94,9b	92,3b	84,9b	74,0b	71,9b
BRS Pampa	99,5b	90,3b	84,2b	75,7b	72,5bc
BRS Sinuelo CL	84,8c	80,3c	75,9c	72,4b	71,9bc
AB 11047	125,6a	133,6a	121,0a	110,4a	101,0a
BRS Bojuru	92,1bc	88,7b	86,8b	80,1b	77,7b

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

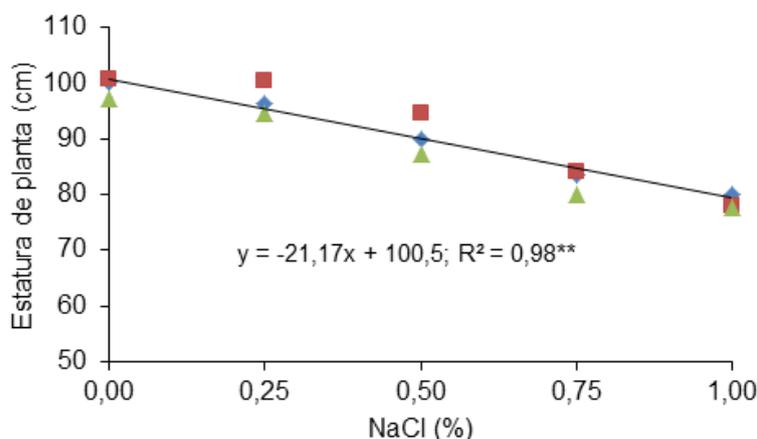


Figura 1. Estatura de planta (cm) arroz em função do nível de sal na água de irrigação. Avaliação realizada na diferenciação da panícula. Dados médios de cinco genótipos. Safra 2011/2012. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

No nível de salinidade de 0,5%, não houve distinção entre os genótipos de arroz quanto à produção de matéria fresca da parte aérea. Mas, nos dois maiores níveis de salinidade, as cultivares BRS Sinuelo CL e BRS Bojuru e a linhagem CNAi 9903 apresentaram maior produção de massa fresca, embora o desempenho dos dois últimos genótipos não tenha diferido de AB 11047 e da 'BRS Pampa', com menor produção de massa fresca (Tabela 3). À semelhança do que se verificou para a variável estatura de planta, o incremento no nível de sal na água de irrigação

promoveu diminuição proporcional na produção de matéria fresca da parte aérea dos genótipos de arroz (dados não apresentados).

Nos tratamentos testemunha e com concentrações 0,25% e 0,50% de NaCl, os genótipos BRS Pampa, BRS Bojuru e AB 11047 apresentaram maior produção de matéria seca que os demais. Mas sob os dois níveis mais elevados de sal, a maior tolerância ao estresse confirmou-se, apenas, para a 'BRS Bojuru' e AB 11047 (Tabela 4). Para todos os genótipos determinou-se redução na produção de matéria seca da

parte aérea a medida que se aumentou a concentração de sal na água de irrigação (Figura 2).

Tabela 3. Produção de matéria fresca (g) da parte aérea de genótipos de arroz em função do nível de sal na água de irrigação. Avaliação realizada na diferenciação da panícula. Safra 2011/2012. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Genótipo	Concentração de NaCl na água de irrigação				
	Test.	0,25%	0,50%	0,75%	1,00%
CNAi 9903	176,3c	139,3c	110,0a	62,3ab	53,0ab
BRS Pampa	226,4b	165,0ab	129,4a	52,6b	36,8b
BRS Sinuelo CL	191,2c	142,3c	115,5a	77,3a	66,4a
AB 11047	248,4a	176,3a	116,5a	51,7b	37,6b
BRS Bojuru	242,6ab	153,5bc	109,0a	66,5ab	57,0ab

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Tabela 4. Produção de matéria seca (g) da parte aérea de genótipos de arroz em função do nível de sal na água de irrigação. Avaliação realizada na diferenciação da panícula. Safra 2011/2012. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Genótipo	Concentração de NaCl na água de irrigação				
	Test.	0,25%	0,50%	0,75%	1,00%
CNAi 9903	30,1b	25,4b	17,7b	12,5b	3,7c
BRS Pampa	52,0a	42,0a	32,7a	16,1b	10,0bc
BRS Sinuelo CL	32,2b	23,9b	20,9b	16,2b	12,9b
AB 11047	47,0a	41,9a	31,8a	17,6ab	15,7ab
BRS Bojuru	51,7a	35,9a	28,1a	23,3a	20,8a

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

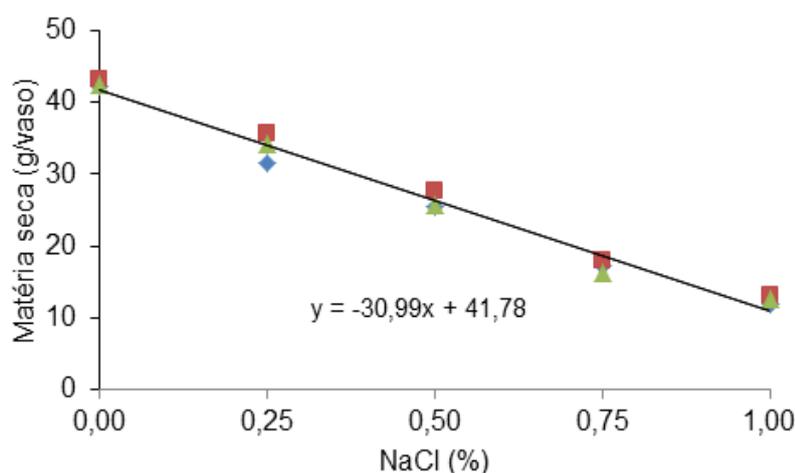


Figura 2. Produção de matéria seca (g) da parte aérea do arroz em função do nível de sal na água de irrigação. Avaliação realizada na diferenciação da panícula. Dados médios de cinco genótipos. Safra 2011/2012. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Com relação aos resultados obtidos vale destacar que o genótipo AB 11047 distingue-se dos demais quanto ao porte e tipo de planta, bem como ao propósito de cultivo. Trata-se de uma linhagem de estatura elevada (cerca de 120 cm), produtividade alta ($> 12 \text{ Mg ha}^{-1}$) e de grãos grandes e extremamente farináceos, que não

atendem aos atributos requeridos pela indústria nacional, destinando-se, pois, à alimentação animal e produção de etanol. Assim, é possível que, em parte, o desempenho diferenciado desse genótipo quanto à tolerância à salinidade esteja associado às características relatadas.

Conclusões

O efeito do estresse salino na fase vegetativa sobre o crescimento e a produção do arroz varia com sua intensidade e duração, bem como entre genótipos. A estatura de planta e a produção de matéria fresca e de matéria seca da parte aérea dos genótipos de arroz diminuem proporcionalmente ao aumento do nível de sal na água de irrigação aplicada na fase vegetativa. Independentemente do nível de sal os genótipos AB 11047 e BRS Bojuru apresentam maior tolerância à salinidade da água de irrigação na fase vegetativa. Por sua vez, os genótipos CNAi 9903 e BRS Sinuelo CL são os mais sensíveis ao estresse. A tolerância à salinidade de 'BRS Pampa' manifesta-se apenas até o nível de 0,50% de NaCl na água.

Referências

- CAMBRAIA, J. Aspectos bioquímicos, celulares e fisiológicos dos estresses nutricionais em plantas. In: NOGUEIRA, R. J.; ARAÚJO, E. L.; WILLADINO, L. G.; CAVALCANTE, U.M. **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, 2005. v. 1, p. 95-105.
- COUNCE, P. A.; KEISLING, T. C.; MITCHELL, A. J. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science**, v. 40, p. 436-443, 2000.
- FAGERIA, N. K. Salt tolerance of rice cultivars. **Plant and Soil**, v. 88, p. 237-243, 1985.
- FAGERIA, N. K. Tolerance of rice cultivars to salinity. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 2, p. 281- 288, 1991.
- GOMES, A. da S.; PAULETTO, E. A.; FRANZ, A. F. H. Uso e manejo da água em arroz irrigado. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de. (Ed.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004, p. 417-455.
- GOMES, A. da S.; PETRINI, J. A.; SCIVITTARO, W. B.; FERREIRA, L. E. G.; KABKE, R.; CHIARELO, C.; SANTOS, L. O. dos; PIMENTA, R. P.; HANNEMANN, M. A.; OSSANES, L. da S. Estratégias para o aumento da eficiência do uso da água pelo arroz: efeito de sistemas alternativos de irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRIGAÇÃO E DRENAGEM, 18., 2008. **Anais...** São Mateus: ABID, 2008. 1 CD-ROM.
- GRATTAN, S. R.; ZENG, L.; SHANNON, M. C.; ROBERTS, S. R. Rice is more sensitive to salinity than previously thought. **California Agriculture**, v. 56, p. 189-195, 2002.
- INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Standard evaluation system for rice**. Los Baños: IRRI, 1975. 384 p.
- MACHADO, M. O.; TERRES, A. L.; FAGUNDES, P. R. R. Melhoramento genético do arroz irrigado na Embrapa Clima Temperado: 8. Tolerância de genótipos à salinidade da água de irrigação, do início da diferenciação da panícula à maturidade - safras 1997/98 e 1998/99. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1., Pelotas, 1999. **Anais...** Pelotas, Embrapa Clima Temperado, 1999. p. 103-106.
- MASS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance - current assessment. **Journal O Irrigation and Drainage Division**, v. 103, p. 115-134, 1977.
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. Ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. Los Baños: IRRI, 1981. 269 p.

Comunicado Técnico, 301

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO E PAÍS SEM POBREZA

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Clima Temperado

Endereço: BR 392, Km 78

Pelotas, RS - CEP 96010-971

Caixa Postal 403

Fone: (53) 3275-8100

E-mail: cpact.sac@embrapa.br

CGPE 10642

1ª edição

1ª impressão 2013: 30 exemplares

Comitê de publicações

Presidente: Ariano Martins de Magalhães Júnior

Secretária- Executiva: Bárbara Chevallier Cosenza

Membros: Márcia Vizzoto, Ana Paula Schneid Afonso, Giovanni Theisen, Luis Antônio Suita de Castro, Flávio Luiz Carpena Carvalho.

Expediente

Supervisor editorial: Antônio Luiz Oliveira Heberlê

Revisão de texto: Eduardo Freitas de Souza

Revisão bibliográfica: Fabio Lima Cordeiro

Editoração eletrônica: Renata Abreu Serpa (estagiária)