

Caracterização citogenética em *Schlumbergera truncata* (Haworth) Moran e *Schlumbergera* × *buckleyi* (T. Moore) Tjaden (Cactaceae)

Flavia Aparecida Ortolani^{1,2}, Márcia Fiorese Mataqueiro¹ e José Roberto Moro¹

Recebido em 8/05/2006. Aceito em 23/10/2006

RESUMO – (Caracterização citogenética em *Schlumbergera truncata* (Haworth) Moran e *Schlumbergera* × *buckleyi* (T. Moore) Tjaden (Cactaceae)). O número cromossômico diplóide de *Schlumbergera truncata* e *Schlumbergera* × *buckleyi*, de indivíduos com diferentes tipos de coloração de pétalas, foi determinado usando-se pontas de raízes. A utilização de 8-hidroxiquinoleína 0,003 M à 36 °C por 3 horas possibilitou melhor separação cromossômica. Técnica de bandejamento C e de coloração Giemsa permitiram o estudo cariológico dessas espécies. O híbrido *Schlumbergera* × *buckleyi* (rósea) apresenta $2n = 22$ cromossomos com fórmula cariotípica $16M + 6SM$. *Schlumbergera truncata*, apresentando pétalas nas cores vermelha, branca e *pink*, possui $2n = 22$ cromossomos, formulação cariotípica idêntica à de *Schlumbergera* × *buckleyi*, enquanto a planta com flores de coloração amarelada mostrou $2n = 34$ cromossomos. A classificação cromossômica foi baseada no índice centromérico. Nas plantas que apresentam coloração vermelha, branca, *pink* e rósea nas pétalas, o melhor período de obtenção de metáfases corresponde ao período de florescimento. *Schlumbergera truncata* com flores amareladas apresenta dois picos anuais de divisão mitótica. Esses resultados dão suporte à um melhor entendimento da biologia no gênero *Schlumbergera* e auxiliam na classificação taxonômica nos casos onde apenas as características fenotípicas não são suficientemente confiáveis para a classificação das plantas no mesmo táxon.

Palavras-chave: Cactaceae, Cariótipo, Número cromossômico, Banda-C

ABSTRACT – (Cytogenetic characterization of *Schlumbergera truncata* (Haworth) Moran and *Schlumbergera* × *buckleyi* (T. Moore) Tjaden (Cactaceae)). The diploid chromosome number of *Schlumbergera truncata* and *Schlumbergera* × *buckleyi*, in individuals with different types of petal color, was determined using root tips. The use of 8-hydroxyquinolein 0.003 M at 36 °C provided better chromosome separation. C-banding technique and Giemsa coloration allowed the karyological study of these species. *Schlumbergera* × *buckleyi* hybrid (light pink) species has $2n = 22$ chromosomes with karyotype formula $16M + 6SM$. *Schlumbergera truncata* with red, white, and pink petals and $2n = 22$ chromosomes has karyotype formula identical to *Schlumbergera* × *buckleyi*, while the plant with yellowish flowers has $2n = 34$ chromosomes. Chromosome classification was based on the centromeric index. In plants with white, red, pink and light pink petal color, the best time to obtain metaphases is during flowering. *Schlumbergera truncata* with yellowish flowers has two annual peaks of mitotic division. These results give us a better understanding of the biology of the genus *Schlumbergera* and aid in taxonomic classification where phenotypic characteristics alone are not reliable enough to classify plants of the same taxon.

Key words: Cactaceae, karyotype, chromosome numbers, C-banding

Introdução

O gênero *Schlumbergera* Lemaire (Cactaceae, subtribo Rhipsalidinae) é constituído por seis espécies de arbustos epífitas (Barthlott & Taylor 1995). Duas dessas espécies, *S. truncata* (Haworth) Moran e *S. russelliana* (Hooker) Britton & Rose são endêmicas do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. O híbrido mais importante, do ponto de vista comercial, é denominado *S. × buckleyi* (T. Moore) Tjaden, obtido através do cruzamento de *S. truncata* × *S. russelliana*.

Por muitos anos, os aspectos de biologia molecular (O'Leary & Boyle 1998) e de biologia reprodutiva (Boyle *et al.* 1995; Boyle 1997) atraíram a atenção de vários pesquisadores, pois permitem esclarecer, em muitos casos, os fundamentos citológicos e genéticos da variabilidade e sua evolução (Martinez 1976).

Stockwell (1935) tornou-se um dos pioneiros no estudo citogenético de Cactaceae ao analisar 45 espécies. O autor determinou o número cromossômico de *S. russelliana* como sendo $2n = 22$ cromossomos e encontrou, em algumas espécies de opuntias, níveis variáveis de ploidia ($2n = 44$ e $2n = 66$). Katagiri (1953),

¹ Universidade Estadual Paulista (UNESP/FCAV – Jaboticabal), Laboratório de Citogenética, Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n, 14884-900 Jaboticabal, SP, Brasil

² Autor para correspondência: fortol@ig.com.br

Remski (1954), Weedin & Powell (1978) e Ross (1981) relatam que o número básico haplóide, em cactos, é $n = x = 11$, podendo haver vários níveis de ploidias em alguns gêneros de cactáceas. No entanto, artigos recentes relacionados à citogenética de cactos são praticamente inexistentes. Informações cariotípicas sobre as cactáceas geralmente são restritas à contagem do número de cromossomos (Weedin & Powell 1978; Ross 1981; Parks & Boyle 2003). Muitos dos estudos relacionados à esta família direcionam-se às características de morfologia externa (Katagiri 1953), germinação de pólen e desenvolvimento da semente (Boyle *et al.* 1995), auto-incompatibilidade (Boyle 1997; O'Leary & Boyle 1998) e importância econômica.

As análises cariotípicas constituem um procedimento de grande utilidade para a diferenciação de certas categorias taxonômicas próximas, particularmente nos casos onde as características fenotípicas não são suficientes para uma separação confiável em táxons distintos. O presente trabalho teve por objetivos caracterizar citogeneticamente a espécie *S. truncata* e o híbrido *S. × buckleyi*, determinar os melhores períodos anuais para obtenção de metáfases nestas duas espécies e realizar um estudo convencional dos cariótipos a fim de diagnosticar características diferenciais, com o auxílio da técnica de bandeamento C.

Material e métodos

As estacas analisadas foram coletadas de várias plantas diferentes, no município de Guariba (SP), Brasil. Para a cariotipagem, foram avaliadas plantas com cinco diferentes cores: branca, vermelha, *pink* e amarelada, para a espécie *S. truncata* e rósea, para o híbrido *S. × buckleyi*.

O enraizamento foi feito em Sphagnum. Raízes com 2,0 cm de comprimento foram coletadas e tratadas

com 8 - hidroxiquinoleína 0,003 M por três horas à 36 °C. Em seguida, foram fixadas em solução Carnoy (3 metanol : 1 ácido acético glacial) e mantidas em geladeira por 48 horas. As raízes passaram por três lavagens seguidas, em água destilada, com duração de cinco minutos cada. Posteriormente, foram hidrolisadas em HCl 1N à 60 °C, por doze minutos e maceradas em ácido acético 45%.

O bandeamento C foi realizado de acordo com a metodologia descrita por Guerra & Souza (2002).

A observação do material foi realizada em microscópio ZEISS com aumento de até 1.000x. Para a contagem dos cromossomos e a carilogia foram analisadas 10 metáfases para cada espécime. Esses procedimentos foram auxiliados pelo sistema de imagem Ikaros (Metasystems). A biometria cromossômica foi efetuada com o programa KS-300, versão 2.02 da Kontron Elektronik, utilizando-se 15 metáfases de cada grupo. Os comprimentos cromossômicos médios e seus respectivos desvios-padrão foram obtidos no programa Excel. Os cromossomos foram classificados de acordo com o índice centromérico seguindo o método proposto por Levan *et al.* (1964), $IC = BC \times 100 / T$, sendo: IC = índice centromérico, BC = comprimento do braço curto; T = comprimento cromossômico total.

Resultados e discussão

Na espécie *S. truncata* todas as metáfases analisadas, para as variedades com flor de cor branca (Fig. 1), vermelha (Fig. 2) e *pink* (Fig. 3), apresentaram $2n = 22$ cromossomos com fórmula cariotípica $16M + 6SM$ (Tab. 1). O híbrido *S. × buckleyi* apresentou idêntico resultado (Fig. 4). Já a planta *S. truncata* com pétalas de coloração amarelada possui $2n = 34$ cromossomos (Fig. 5). Na literatura, vários estudos citogenéticos demonstram que o número cromossômico

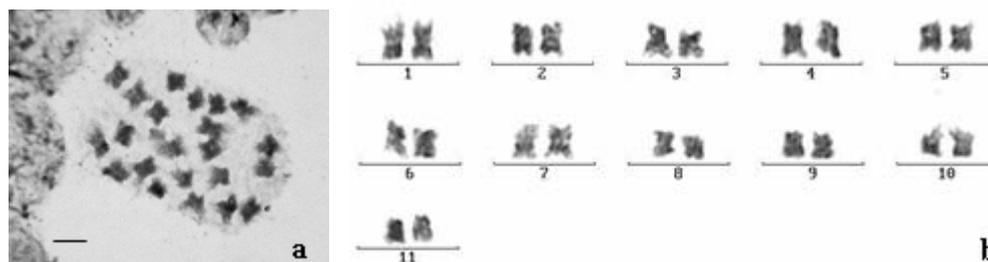


Figura 1. a. Metáfase mitótica de *S. truncata* contendo flores de pigmentação branca. b. Cariótipo mitótico ($2n = 22$ cromossomos). Barra = 2,5 μ m.

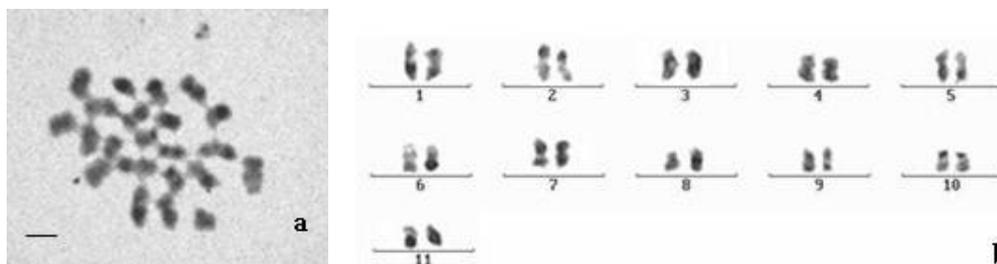


Figura 2. a. Metáfase mitótica de *S. truncata* contendo flores de pigmentação vermelha. b. Cariótipo mitótico (2n = 22 cromossomos). Barra = 2,5 µm.

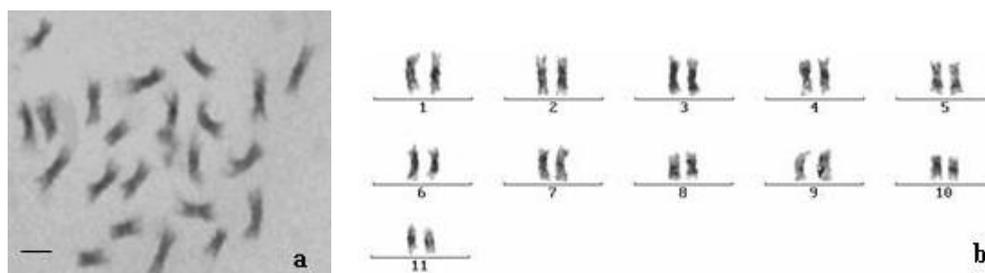


Figura 3. a. Metáfase mitótica de *S. truncata* contendo flores de pigmentação pink. b. Cariótipo mitótico (2n = 22 cromossomos). Barra = 2,5 µm.

Tabela 1. Classificação cromossômica da espécie *S. truncata* e do híbrido *S. × buckleyi* (Fórmula cariográfica: 16M + 6SM).

Par cromossômico	<i>S. truncata</i> branca			<i>S. truncata</i> vermelha			<i>S. truncata</i> pink			<i>S. × buckleyi</i> rósea			Classificação
	CB	T	IC	CB	T	IC	CB	T	IC	CB	T	IC	
1	1,34	3,58	37,43	1,26	3,37	37,39	1,25	3,37	37,09	1,12	3,37	33,23	SM
	1,23	3,58	34,35	1,26	3,37	37,39	1,25	3,37	37,09	1,12	3,33	33,63	SM
2	1,23	3,47	35,45	1,10	3,07	37,16	1,26	3,37	37,38	1,23	3,27	37,30	SM
	1,23	3,47	35,45	1,13	2,96	37,16	1,26	3,37	37,38	1,23	3,27	37,30	SM
3	1,43	3,07	46,58	1,23	2,66	46,24	1,24	3,27	38,39	1,17	3,07	38,11	M
	1,43	3,07	46,58	1,23	2,66	46,24	1,24	3,23	37,92	1,17	3,07	38,11	M
4	1,33	3,07	43,32	1,13	2,66	42,48	1,33	3,17	41,96	1,12	2,96	37,78	M
	1,33	3,07	43,32	1,12	2,55	43,92	1,33	3,17	41,96	1,12	2,96	37,78	M
5	1,33	2,96	44,93	1,12	2,45	45,71	1,23	3,07	40,07	1,23	2,96	41,55	M
	1,33	2,96	44,93	1,12	2,35	47,66	1,23	3,07	40,07	1,23	2,96	41,55	M
6	1,12	2,66	42,11	1,12	2,35	47,66	1,13	2,86	39,51	1,23	2,86	43,01	M
	1,12	2,66	42,11	1,12	2,25	49,78	1,13	2,86	39,51	1,23	2,86	43,01	M
7	1,12	2,66	42,11	1,03	2,15	47,91	1,42	2,86	49,65	1,02	2,67	38,20	M
	1,23	2,55	48,23	0,81	2,04	39,71	1,42	2,86	49,65	1,03	2,66	38,72	M
8	1,12	2,55	43,92	0,92	1,94	47,42	1,23	2,70	44,40	1,02	2,45	41,63	M
	1,12	2,55	43,92	0,82	1,94	42,26	1,23	2,76	44,57	1,03	2,45	42,04	M
9	1,12	2,55	43,92	0,74	1,94	38,14	1,23	2,76	44,57	1,02	2,45	47,63	M
	1,12	2,55	43,92	0,74	1,94	38,14	1,23	2,66	46,24	1,02	2,45	47,63	M
10	1,02	2,25	45,33	0,93	1,94	47,94	1,12	2,66	42,11	1,23	2,35	41,63	M
	0,92	2,25	40,89	0,92	1,94	47,42	1,12	2,55	43,92	1,23	2,35	41,63	M
11	1,80	2,15	37,20	0,69	1,85	37,29	0,82	2,45	33,45	0,68	1,84	36,95	SM
	0,76	2,04	37,25	0,69	1,85	37,29	0,82	2,45	33,45	0,68	1,84	36,95	SM

*CB = braço curto; T = comprimento total; IC = índice centromérico; SM = submetacêntrico; M = metacêntrico.

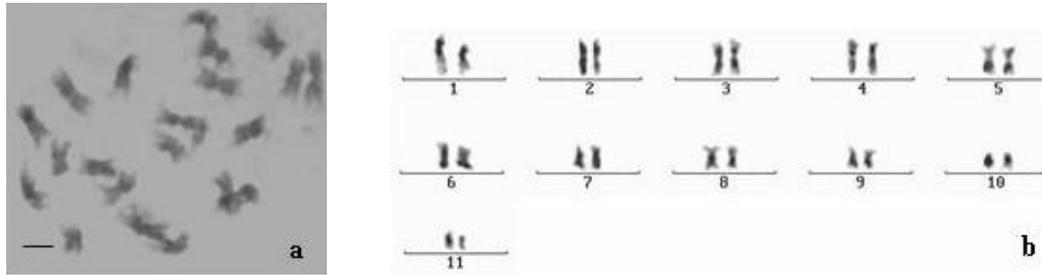


Figura 4. a. Metáfase mitótica de *S. x buckleyi* contendo flores de pigmentação rósea. b. Cariótipo mitótico ($2n = 22$ cromossomos). Barra = 2,5 μm .

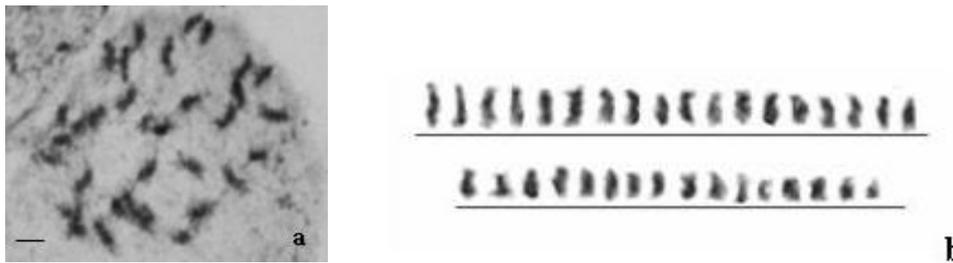


Figura 5. a. Metáfase mitótica de *S. truncata* contendo flores de pigmentação amarelada. b. Cromossomos mitóticos ($2n = 34$ cromossomos). Barra = 2,5 μm .

básico em Cactaceae é $n = x = 11$ e os poliplóides são a principal variação (Stockwell 1935; Katagiri 1953; Remski 1954; Pinkava & McLeod 1971; Weedin & Powell 1978; Ross 1981). Katagiri (1953) encontrou, em *Opuntia*, níveis de ploidia de até $12x$ e Remski (1954) relatou a ocorrência de poliploidia em *Mammillaria* de até $24x$ o número básico haplóide. Pinkava & McLeod (1971) comentaram que aneuploidias trissômicas e inversões estão presentes no gênero *Opuntia*. Segundo Weedin & Powell (1978), alguns gêneros da família Cactaceae, como *Opuntia*, *Echinocereus*, *Ferocactus* e *Ariocarpus* possuem representantes poliplóides e aneuplóides. Stebbins (1971) *apud* Weedin & Powell (1978) afirmou que a ocorrência de endomitoses, em plantas suculentas é comum. A planta caracterizada pela coloração amarelada das pétalas, pode ser um indivíduo triplóide trissômico ($2n = 3x = 33 + 1$). Parks & Boyle (2003) verificaram indivíduos diplóides ($2n = 2x = 22$), triplóides ($2n = 3x = 33$) e tetraplóides ($2n = 4x = 44$), em clones cultivados de *Schlumbergera*. Outra hipótese a ser considerada é que esses indivíduos, com pétalas amareladas, podem ser híbridos advindos de um cruzamento entre *S. truncata* e uma espécie intragenérica com número cromossômico diferente, dando origem a um indivíduo fenotipicamente idêntico

à *S. truncata*, mas com características citogenéticas distintas. Fischer (1962), *apud* Weedin & Powell (1978), relatou uma provável ocorrência de híbridos dentro do gênero *Opuntia*. Segundo Benson (1969) *apud* Weedin & Powell (1978), os cactos *Opuntia schottii* (Englem.) L. Benson e *Opuntia stanlyi* Englem. apresentam número cromossômico meiótico $n = 11$ e $n = 22$ cromossomos, respectivamente. Weedin & Powell (1978) demonstraram que as espécies *Opuntia atrispina* Griffiths, *Opuntia phaeacantha* Englem. e *Opuntia lindheimeri* Englem. apresentam $2n = 33$ cromossomos. No entanto, para o esclarecimento desses fatos, ainda são necessários estudos citogenéticos de meiose e de biologia molecular.

A técnica de bandeamento C permitiu a identificação de cada par cromossômico, tornando possível a montagem e o estudo do cariótipo para cada exemplar analisado. Os ideogramas (Fig. 6, 7 e 8) representam o padrão de banda-C para a espécie *S. truncata* com flores nas cores branca, vermelha e pink, respectivamente. A variedade amarelada não apresentou nenhum padrão de bandas-C. A Fig. 9 mostra padrão de bandeamento para o híbrido *S. x buckleyi*. Essa técnica, inicialmente descrita para vertebrados e invertebrados, especialmente para insetos, também mostra bons resultados quando

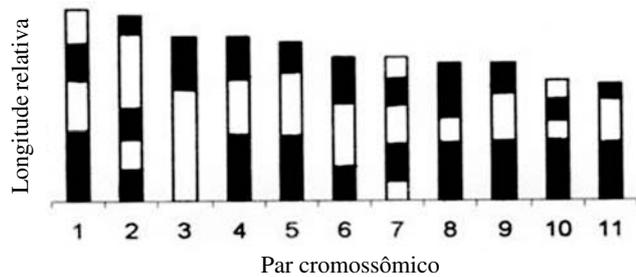


Figura 6. Ideograma de *S. truncata*, variedade com flores brancas, mostrando o padrão de Banda-C.

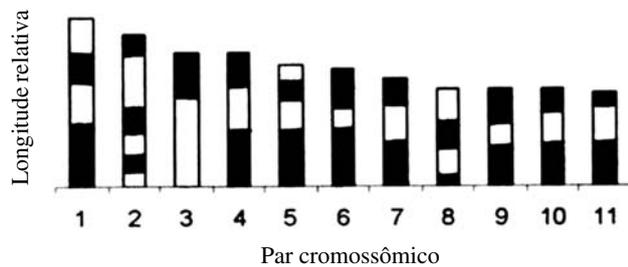


Figura 7. Ideograma de *S. truncata*, variedade com flores vermelhas, mostrando o padrão de Banda-C.

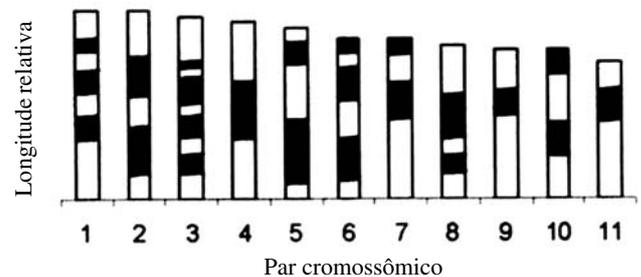


Figura 8. Ideograma de *S. truncata*, variedade com flores *pink*, mostrando o padrão de Banda-C.

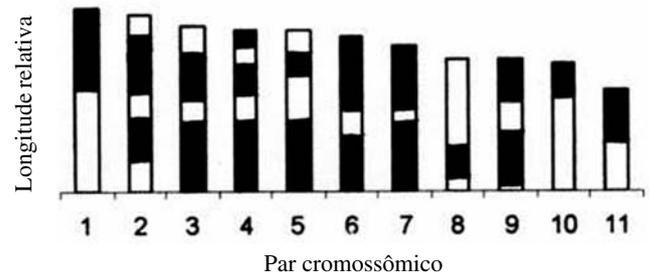


Figura 9. Ideograma de *S. x buckleyi*, variedade com flores róseas, mostrando o padrão de Banda-C.

utilizada em vegetais. Ross (1981) advertiu que utilizando técnicas convencionais, geralmente, o reconhecimento de cromossomos específicos, em cactos, é difícil.

Nas Tab. 2 e 3 encontram-se os valores médios do comprimento total dos cromossomos das espécies em estudo, com seus respectivos desvios padrão. Essas medidas sugerem que o híbrido *S. x buckleyi* (rósea) e a espécie *S. truncata*, nas cores branca, vermelha e *pink* apresentam tamanhos cromossômicos semelhantes, mostrando-se, em média, maiores que 2,37 μm . No entanto, diferem daqueles apresentados pelo exemplar de pétalas amareladas, que não ultrapassa 1,97 μm . Stockwell (1935) demonstrou que em *Opuntia* e em *Cereae*, o comprimento cromossômico não excede 5 μm . Esse relato corrobora os dados encontrados no presente trabalho, pois o maior comprimento cromossômico encontrado, em média, não é superior a 3,58 μm . Esses dados reforçam a teoria de ploidia, pois segundo Katagiri (1953) os cromossomos de cactáceas são, geralmente, pequenos e em plantas poliplóides esses cromossomos são ainda menores. Pesquisas relacionadas a estudos cariotípicos, dentro da família *Cactaceae*, não são descritas na literatura. Devido à ausência de detecção de centrômeros no exemplar *S. truncata* com pétalas amareladas, não foi possível obter o cariótipo e a classificação cromossômica para esta amostra.

A espécie *S. truncata* (branca, vermelha e *pink*) e o híbrido *S. x buckleyi* (rósea) apresentam raízes com índice de divisão mitótica aumentando nos meses de maio e junho. Após esse período, a quantidade de metáfases obtidas diminui significativamente. No entanto, a planta que possui flores com pigmentação amarelada nas pétalas (*S. truncata*) apresenta picos de obtenção de metáfases em dois períodos: maio - junho e setembro-outubro. Geralmente, os melhores períodos para a obtenção de metáfases coincidem com a época de florescimento (maio-junho) o que corresponde ao período outono-inverno (Figura 10).

Além do interesse teórico-científico, as análises citogenéticas presentes neste trabalho fornecem informações sobre o número cromossômico, posição centromérica e poliploidia dentro do grupo das cactáceas. A determinação do período anual em que ocorre maior divisão mitótica radicular, com conseqüente maior obtenção do número de metáfases, em *Schlumbergera*, facilita muito o trabalho dos citogeneticistas que pesquisam cactos pertencentes a este gênero. As análises cariotípicas convencionais podem atuar como ferramenta de auxílio na identificação de populações de *S. truncata* e *S. x buckleyi* possibilitando a produção de progênie híbrida para comercialização, sendo, portanto, de interesse aos citogeneticistas, melhoristas e taxonomistas.

Tabela 2. Valores médios do comprimento total dos cromossomos da espécie *S. truncata* e do híbrido *S. x buckleyi*.

Par cromossômico	<i>S. truncata</i> branca		<i>S. truncata</i> vermelha		<i>S. truncata</i> <i>pink</i>		<i>S. x buckleyi</i> rósea	
	MT*	δ	MT*	δ	MT*	δ	MT*	δ
1	3,58	0,2765	3,37	0,1155	3,37	0,2367	3,37	0,2899
	3,58	0,2572						
2	3,47	0,3290	3,07	0,0635	3,37	0,3866	3,27	0,4313
	3,47	0,2348						
3	3,07	0,1721	2,66	0,0513	3,27	0,3433	3,07	0,5020
	3,07	0,1721						
4	3,07	0,2246	2,66	0,1582	3,17	0,3318	2,96	0,2121
	3,07	0,1837						
5	2,96	0,1671	2,45	0,1582	3,07	0,3193	2,96	0,0707
	2,96	0,2229						
6	2,66	0,1517	2,35	0,1582	2,86	0,3127	2,86	0,1414
	2,66	0,1304						
7	2,66	0,8850	2,15	0,1250	2,86	0,3719	2,67	0,0707
	2,55	0,1379						
8	2,55	0,3031	1,94	0,2082	2,77	0,3262	2,45	0,0990
	2,55	0,1732						
9	2,55	0,1643	1,94	0,1212	2,76	0,2471	2,45	0,0000
	2,55	0,1643						
10	2,25	0,1350	1,94	0,1790	2,66	0,3284	2,35	0,2192
	2,25	0,2003						
11	2,15	0,1850	1,85	0,2367	2,45	0,3874	1,84	0,0707
	2,04	0,2210						
Tamanho médio dos cromossomos	2,81		2,37		2,92		2,75	
Desvio-padrão médio	0,2314		0,1436		0,3379		0,1870	

*MT = Comprimento médio dos cromossomos de 15 metáfases (µm); δ = desvio padrão.

Tabela 3. Valores médios do comprimento total dos cromossomos da espécie *S. truncata* com pétalas amareladas.

Par cromossômico	MT*	δ	<i>S. truncata</i> amarelada		
			Par cromossômico	δ	
1	2,96	0,2899	10	1,94	0,0778
	2,66	0,4596		1,94	0,0707
2	2,45	0,2121	11	1,94	0,0778
	2,45	0,2192		1,84	0,0071
3	2,35	0,2121	12	1,84	0,0071
	2,35	0,2899		1,84	0,0141
4	2,35	0,2192	13	1,64	0,1485
	2,35	0,2899		1,64	0,1485
5	2,15	0,1485	14	1,64	0,0707
	2,15	0,2121		1,64	0,0566
6	2,15	0,1414	15	1,64	0,0566
	2,15	0,2192		1,64	0,0707
7	2,05	0,2263	16	1,43	0,0566
	2,04	0,2192		1,43	0,0778
8	2,04	0,2899	17	1,23	0,0071
	2,04	0,2121		1,23	0,0010
9	1,94	0,0778			
	1,94	0,0849			
Tamanho médio dos cromossomos				1,97	
Desvio-padrão médio					0,1421

*MT = Comprimento médio dos cromossomos de 15 metáfases (µm); δ = desvio padrão.

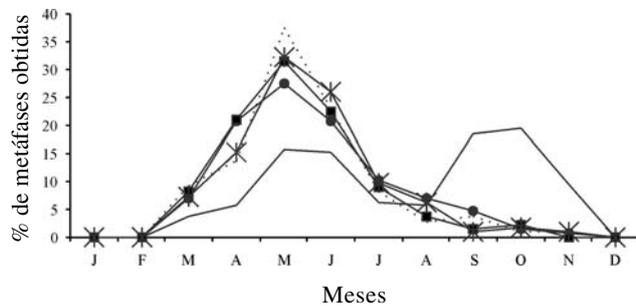


Figura 10. Determinação dos melhores períodos anuais para a obtenção de metafases nas espécies *S. truncata* e *S. x buckleyi*. (—●— = Rósea; —■— = Pink; —*— = Branca; = Vermelha; — = Amarelada).

Referências bibliográficas

- Barthlott, W. & Taylor, N.P. 1995. Notes towards a monograph of Rhipsalidaceae (Cactaceae). **Bradleya** 13: 43-79.
- Boyle, T.H. 1997. The Genetics of Self-incompatibility in the Genus *Schlumbergera* (Cactaceae). **Journal of Heredity** 88: 209-214.
- Boyle, T.H.; Karle, R. & Han, S.S. 1995. Pollen Germination, Pollen Growth, Fruti Set, and Seed Development in *Schlumbergera truncata* and *S. x buckleyi* (Cactaceae). **Journal American Society Horticulture Science** 120(2): 313-317.
- Guerra, M.S. & Souza, M.J. 2002. **Como observar cromossomos**. Funpec Ed. Ribeirão Preto.
- Katagiri, S. 1953. Chromosome numbers and polyploidy in certain Cactaceae. **Cactus and Succulent Society of American** 25: 141-142.
- Levan, A.; Fredga, K. & Sandberg. 1964. A Nomenclature for centromeric position on chromosomes. **Hereditas** 52(2): 201-220.
- Martinez, A.P. 1976. Procedimento para facilitar el estudio de cromosomas en materials vegetales dificiles. **Cuadernos G. Biological** 5: 53-60.
- O'Leary, M.C. & Boyle, T.H. 1998. Segregation distortion at isozyme locus Lap-1 in *Schlumbergera* (Cactaceae) is caused by linkage with the gametophytic self-incompatibility (S) locus. **The American Genetic Association** 89: 206-210.
- Parks, C. & Boyle, T.H. 2003. Variation in ploidy level, fertility, and breeding behavior in cultivated *Schlumbergera* (Cactaceae). **ISHS Acta Horticulturae** 623: XXVI International Horticultural Congress: Plant genetic Resoucers.
- Pinkava, D.J. & McLeod, M.G. 1971. Chromosome numbers in some cacti of western North América. **Brittonia** 23: 171-176.
- Remski, M.F. 1954. Cytological investigations in *Mammillaria* and some associated genera. **Botanical Gazette** 116: 163-171.
- Ross, R. 1981. Chromosome Counts, Cytology, and Reproduction in the Cactaceae. **American Journal of Botany** 68(4): 463-470.
- Stockwell P. 1935. Chromosome numbers of some the Cactaceae. **Botanical Gazette** 96: 565-570.
- Weedin, J.F. & Powell, A.M. 1978. Chromosome numbers in Chihuahuan Desert Cactaceae. Trans-Pecos Texas. **American Journal of Botany** 65(5): 531-537.