

## Qualidade pós-colheita de rosas: efeitos da humidade relativa e da variação genotípica

S.M.P. Carvalho<sup>1,2</sup>, D. Fanourakis<sup>2</sup>, A. Tapia<sup>2</sup>, D.P.F. Almeida<sup>1,3</sup>, F.X. Malcata<sup>1</sup> e E. Heuvelink<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Escola Superior de Biotecnologia, Universidade Católica Portuguesa, Rua Dr. António Bernardino de Almeida, P-4200-072 Porto, Portugal. [spcarvalho@mail.esb.ucp.pt](mailto:spcarvalho@mail.esb.ucp.pt)

<sup>2</sup>Horticultural Supply Chains Group, Wageningen University, Marijkeweg 22, 6709 PG Wageningen, Holanda

<sup>3</sup>Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Rua do Campo Alegre, 823, P-4150-180 Porto, Portugal

**Palavras chave:** ácido abscísico, desidratação, estomas, *Rosa hybrida*, taxa de transpiração

### Resumo

Elevada humidade relativa (i.e. HR > 85%) durante a produção de rosas de corte reduz a sua longevidade em jarra, mas a magnitude desse efeito depende em larga medida da cultivar em causa. Na tentativa de compreender melhor os mecanismos ligados à sensibilidade a valores de HR elevada, foram analisadas folhas completamente desenvolvidas de quatro cultivares de rosas de corte: as tolerantes ‘Frisco’ e ‘Dream’, e as sensíveis ‘Vendela’ e ‘Prophyta’; tais plantas foram produzidas em ambiente de HR moderada (60%) e elevada (90%). As plantas produzidas em ambiente de HR elevada apresentaram, em média, uma maior densidade estomática (14% mais estomas por mm<sup>2</sup>), estomas de maior dimensão (8% mais compridos) e com maior abertura (15% de aumento) comparativamente a plantas produzidas sob HR moderada. Esta tendência foi observada em todas as cultivares, embora a intensidade do efeito dependesse da cultivar. Paralelamente, o grau e a rapidez do fecho dos estomas, quando submetidos a estímulos apropriados, diminuíram significativamente em plantas produzidas sob HR de 90%, resultando num acentuado aumento da taxa de transpiração. Contudo, tal efeito foi mais pronunciado nas cultivares sensíveis. Conclui-se, assim, que a sensibilidade à HR elevada durante a produção está relacionada com uma menor capacidade de resposta dos estomas (i.e. dependente da fisiologia estomática), enquanto que a morfologia dos mesmos é aparentemente pouco relevante.

### INTRODUÇÃO

A qualidade pós-colheita de flores de corte, e em especial a sua longevidade em jarra, é um factor de importância crucial ao nível da satisfação do consumidor. Deste modo, urge compreender os fenómenos fisiológicos subjacentes à exibição e manutenção da qualidade pós-colheita (Carvalho et al., 2007). Uma elevada humidade relativa (i.e. HR > 85%) durante o período de produção (ou pré-colheita) resulta numa redução significativa da longevidade pós-colheita quer em flores de corte (e.g. rosa e bouvardia), quer em plantas envasadas (e.g. begónia e kalanchoe). Porém, existem cultivares de rosa de corte que exibem um comportamento distinto no que respeita à sua sensibilidade à HR elevada (Mortensen e Gislerød, 1999). As razões que explicam esta variação genotípica são ainda em larga medida desconhecidas. Neste estudo, pretendeu-se avaliar um

conjunto de parâmetros morfológicos (i.e. densidade, tamanho e abertura dos estomas) e fisiológicos (i.e. sensibilidade dos estomas a estímulos exteriores, tais como a desidratação e a aplicação de ácido abscísico, ABA), que possam estar na base dos mecanismos de tolerância.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Material vegetal e condições de produção**

Estacas enraizadas de quatro cultivares de rosa de corte (*Rosa hybrida* cv. Frisco, Dream, Vendela e Prophyta, da Kordes Roses; De Kwakel, Holanda) foram plantadas em vasos de 3.6 l de capacidade, contendo uma mistura de fibra de coco e perlite (3:1, v/v). Ao longo do ciclo cultural, apenas foi permitido o desenvolvimento de uma haste por planta – o que resultou numa densidade de 40 plantas por m<sup>2</sup>. Trinta e duas plantas de cada cultivar foram distribuídas ao acaso por quatro câmaras de crescimento (1.5 m × 0.8 m × 1.5 m), mantidas a temperatura constante de 19±1°C. Em duas dessas câmaras foi imposta uma HR moderada (60%), enquanto nas outras duas foi imposta uma HR elevada (90%); os valores médios de HR registados foram 60±3% e 95±1%, respectivamente. A iluminação com lâmpadas fluorescentes (TLD 58W/84 da Philips, Eindhoven, Holanda) esteve ligada durante 18 h por dia, fornecendo uma radiação fotossinteticamente activa de 300±20 µmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup> (Model LI-250 da LI-COR, Lincoln NB, EUA). A concentração de CO<sub>2</sub> durante o dia foi, em média de 370±50 µmol mol<sup>-1</sup> (Indoor Air Quality Meter Model 8760 da TSI, Shoreview MN, EUA). As plantas foram regadas regularmente com solução nutritiva (pH = 5.5; EC = 1.5 mS cm<sup>-1</sup>).

Foram aplicados um total de oito tratamentos, resultantes da combinação de quatro cultivares de rosa de corte [contrastantes na sua sensibilidade intrínseca a valores de HR elevada: ‘Frisco’ e ‘Dream’ (tolerantes); ‘Vendela’ e ‘Prophyta’ (sensíveis)], produzidas em ambiente de HR moderada (60%) e elevada (90%). As medições foram efectuadas em folhas completamente expandidas, tendo início quatro semanas após a plantação.

### **Densidade e morfologia estomática**

As características anatómicas dos estomas foram determinadas utilizando a técnica da impressão em silicone (Smith et al., 1989). Obteve-se fotografias digitais da epiderme e dos estomas com recurso a um microscópio (Aristoplan da Leica, Bensheim Alemanha) ligado a uma câmara de vídeo (DXM-1200 da Nikon, Tóquio, Japão). Para medir a densidade estomática recorreu-se a uma ampliação de 100×, tendo sido analisados cinco campos de observação da epiderme da página inferior de doze plantas, por cada tratamento (n=60). Para avaliar o tamanho dos estomas e a sua abertura utilizou-se uma ampliação superior (400×), e foram medidos 20 estomas seleccionados ao acaso por cada uma das doze plantas (n=240). O processamento das imagens foi efectuado pelo software UTHSCSA IMAGETOOL (University of Texas Health Science Centre, San António TX, EUA).

### **Respostas estomáticas a estímulos de oclusão**

De modo a estudar o efeito da desidratação, o folíolo terminal da primeira folha foi destacado da haste floral e a taxa de transpiração foliar foi medida gravimetricamente, ao longo de 4 h, numa câmara climatizada (com HR de 50±3% a 21°C, 1.47 kPa DPV e 50 µmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>). Para analisar os efeitos da aplicação de ABA, o folíolo terminal da segunda folha foi colocado num frasco com água durante 20 min, sendo de seguida transferido para uma solução de 100 µM ABA (Sigma, St. Louis MO, EUA). A taxa de transpiração foi medida gravimetricamente durante um total de 3h10. No final da

aplicação de ambos os estímulos de oclusão dos estomas, a área foliar foi determinada (Model 3100 Area Meter; Lincoln NB, EUA), e a taxa de transpiração foi calculada e expressa por unidade de área foliar em doze folíolos (um folíolo por planta) por tratamento.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Densidade e morfologia estomática**

O efeito da HR elevada sobre a densidade estomática depende largamente da espécie em causa (Torre et al., 2003; Rezaei Nejad e van Meeteren, 2005). Porém, a maioria das espécies tende a aumentar o número de estomas por unidade de área, numa tentativa de promover a taxa de transpiração em ambientes de baixo DPV. Neste estudo, encontrou-se uma interacção significativa entre a cultivar e a HR. De modo geral, observou-se uma densidade estomática mais elevada (14% em média) em folhas desenvolvidas em ambiente de elevada HR (Fig. 1), o que confirma os resultados obtidos em investigação anteriormente conduzida em rosas (Torre et al., 2003). No entanto, tal aumento não foi significativo na cultivar ‘Prophyta’. Paralelamente, as densidades estomáticas mais elevadas foram observadas numa cultivar tolerante (‘Frisco’) e numa cultivar sensível (‘Vendela’). Face aos resultados obtidos, concluiu-se que densidades estomáticas elevadas podem contribuir parcialmente para o problema, mas não são as principais responsáveis pela maior sensibilidade a valores de HR elevada de certas cultivares de rosa. Esta hipótese é consistente com a conclusão veiculada por Rezaei Nejad e van Meeteren (2005). Segundo estes autores, a redução na densidade de estomas observada na *Tradescantia virginiana*, quando produzida em ambientes de elevada HR, implica que o aumento do número de estomas por unidade de área, observado na maioria das espécies, não seja a razão principal das elevadas taxas de transpiração.

Relativamente à morfologia dos estomas, este estudo demonstrou que uma HR elevada conduz a estomas mais compridos (8%) e a uma maior abertura estomática (15%), comparativamente a estomas de folhas desenvolvidas sob HR moderadas. ‘Prophyta’ foi a cultivar que apresentou os estomas significativamente mais compridos, em contraste com ‘Vendela’ que apresentou os estomas mais curtos – sendo, porém, ambas as cultivares sensíveis a HR elevada durante a produção. No que respeita a abertura dos estomas, são precisamente as cultivares sensíveis que apresentaram poros maiores, i.e. com larguras 33 a 40% superiores às encontradas em cultivares tolerantes (Tabela 1).

### **Sensibilidade estomática à desidratação e aplicação de ABA**

Quando submetidas ao estímulo de desidratação, folhas de rosa completamente hidratadas sofreram o efeito de Iwanoff (i.e. perda temporária do controlo dos estomas, pouco tempo após a remoção da folha da planta, resultando num aumento da taxa de transpiração) (Fig. 2). Este fenómeno já havia sido descrito em hastes de rosas de corte (Spiranova et al., 2007). Posteriormente, a taxa de transpiração foliar diminuiu com a desidratação, em todos os tratamentos – reflectindo, assim, o encerramento dos estomas. No entanto, a rapidez e a magnitude da resposta dos estomas dependeram da cultivar em causa. Por exemplo, a taxa de transpiração foliar da cultivar sensível ‘Prophyta’, produzida em ambiente de elevada HR, não chegou a estabilizar após as 4 h de desidratação, enquanto que a das cultivares tolerantes ‘Frisco’ e ‘Dream’ estabilizaram após 60 min, atingindo valores inferiores de transpiração foliar (Fig. 2).

Todas as cultivares produzidas sob HR moderada mostraram uma resposta imediata à aplicação de ABA (após 20 min), resultando num decréscimo acentuado da taxa de transpiração (Fig. 3). No entanto, em plantas produzidas sob HR elevada tal decréscimo foi mais gradual. No grupo das cultivares tolerantes a taxa de transpiração estabilizou mais cedo, enquanto que no grupo das sensíveis esta permaneceu muito elevada (especialmente na 'Prophyta').

Concluiu-se, assim, que a intensidade com que a fisiologia dos estomas foi afectada (i.e. a capacidade de resposta dos estomas a estímulos exógenos para fechar) explica o comportamento contrastante das cultivares: as cultivares tolerantes apresentam estomas mais sensíveis, quer ao teor de humidade quer ao de ABA. Em contrapartida, a densidade estomática e a morfologia dos estomas são aparentemente características menos importantes, no âmbito dos mecanismos de tolerância a ambientes de HR elevada.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem à Fundação para a Ciência e a Tecnologia (Portugal) e à Fundação Alexander Onassis (Grécia) pelo apoio financeiro.

### **Referências**

- Carvalho, S.M.P., Almeida, D. e Heuvelink, E. 2007. Etiqueta de qualidade pós-colheita a caminho. Frutas, Legumes e Flores 97: 73-74.
- Mortensen, L.M. e Gislerød, H.R. 1999. Influence of air humidity and lighting period on growth, vase life and water relations of 14 rose cultivars. Sci. Hortic. 82: 289-298.
- Rezaei Nejad, A. and van Meeteren, U. 2005. Stomatal response characteristics of *Tradescantia virginiana* grown at high relative air humidity. Physiol. Plantarum 125: 324-332.
- Smith, S., Weyers, J.D.B. and Berry, W.G. 1989. Variation in stomatal characteristics over the lower surface of *Commelina communis* leaves. Plant Cell Environ. 12: 653-659.
- Spinarova, S., Hendriks, L., Steinbacher, F., Schmid, O. and Hauser, B. 2007. Cavitation and transpiration profiles of cut roses under water stress. Eur. J. Hortic. Sci. 72: 113-118.
- Torre, S., Fjeld, T., Gislerød, H.R. and Moe, R. 2003. Leaf anatomy and stomatal morphology of greenhouse roses grown at moderate or high air humidity. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 128: 598-602.

Tabela 1. Efeito da humidade relativa (HR) sobre a morfologia estomática de quatro cultivares de rosa de corte. Letras diferentes, numa mesma coluna, indicam diferenças significativas de acordo com o teste LSD a 5%.

		Comprimento dos estomas ( $\mu\text{m}$ )	Abertura dos estomas ( $\mu\text{m}$ )
HR	90 %	39.8 a	5.6 a
	60%	36.8 b	4.6 b
Cultivar (C)	Frisco	37.4 b	4.4 b
	Dream	39.2 b	4.5 b
	Prophyta	42.0 a	5.9 a
	Vendela	34.7 c	6.2 a
<i>P</i>	<i>HR</i>	< 0.001	0.005
	<i>C</i>	< 0.001	< 0.001
	<i>HR</i> $\times$ <i>C</i>	<i>ns</i> <sup>z</sup>	<i>ns</i> <sup>z</sup>

<sup>z</sup> não significativo

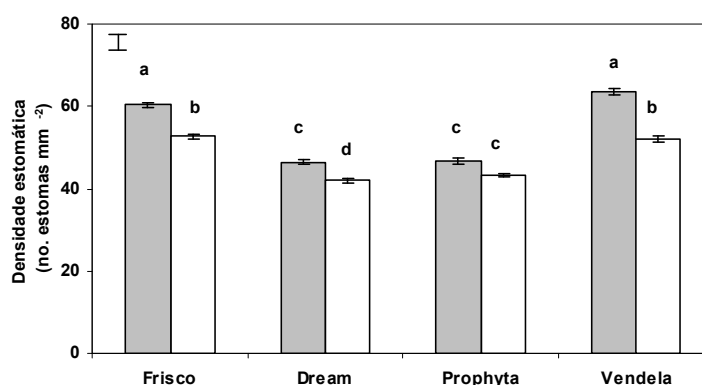


Fig. 1. Densidade estomática de quatro cultivares de rosa de corte, produzidas em ambiente de HR elevada (90%, barras cinzentas) e HR moderada (60%; barras brancas). Letras diferentes indicam diferenças significativas de acordo com o teste LSD a 5%.

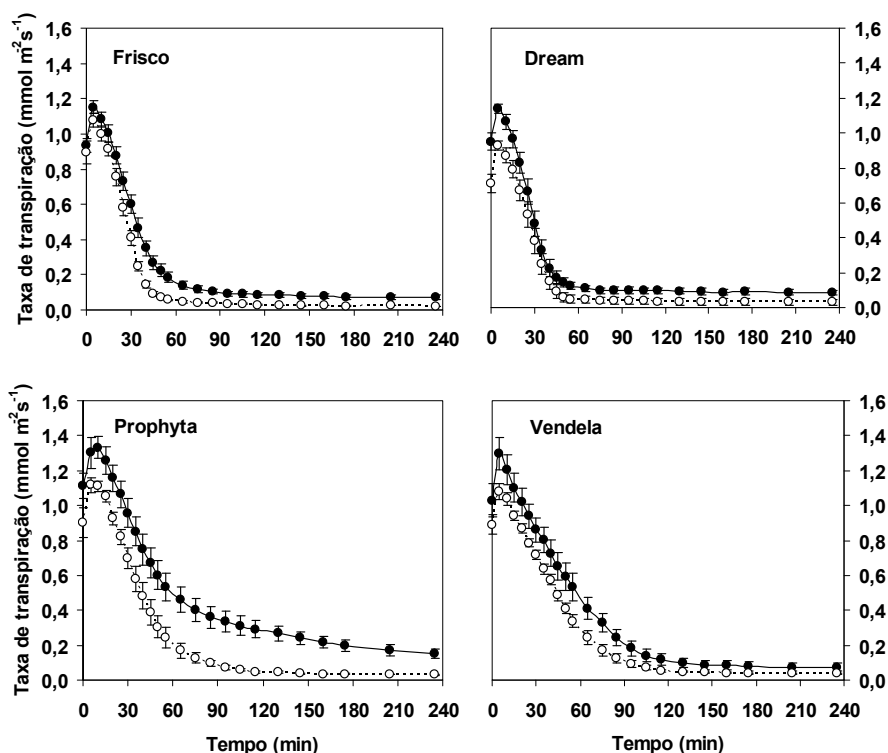


Fig. 2. Efeito do tempo de desidratação sobre a taxa de transpiração foliar (média  $\pm$  desvio padrão, n=12) de quatro cultivares de rosa de corte produzidas em ambiente de HR elevada (90%, ●) e HR moderada (60%, ○).

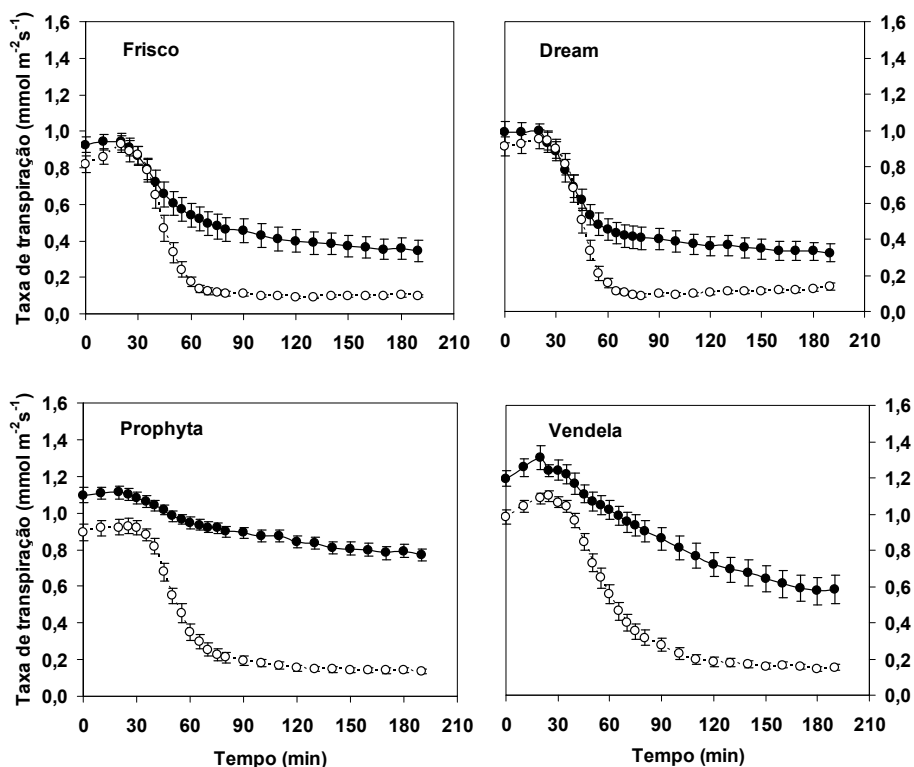


Fig. 3. Efeito da aplicação de ABA (a 100  $\mu$ M após 25 min) sobre a taxa de transpiração foliar (média  $\pm$  desvio padrão, n=12) de quatro cultivares de rosa de corte produzidas em ambiente de HR elevada (90%, ●) e HR moderada (60%, ○).