

# UMA NOVA METODOLOGIA PARA MEDIDA DA TENSÃO DA ÁGUA EM RAÍZES DE CENOURA

José Dalton Cruz Pessoa, Adonai Gimenez Calbo

Escrito para apresentação no  
XXIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2000  
Imperial Othon Palace, Fortaleza - Ceará, 4 a 7 de julho de 2000

**RESUMO:** Neste trabalho se apresenta uma nova metodologia para medida da tensão da água em raízes de cenoura (*Daucus carota*). Ela foi desenvolvida para uma montagem recentemente patenteada pela Embrapa, a Sonda Termoelástica que se baseia em duas propriedades dos fluidos: a variação de volume como função da variação de temperatura e de pressão. A montagem consiste de um reservatório para estabilização da temperatura do sensor: um capilar de vidro quase completamente preenchido com um óleo mineral e água próxima à ponta de contato com a amostra. Na metodologia aqui proposta quando o sensor encosta na amostra a água é succionada até que a tensão na coluna de óleo seja igual à tensão da água na raiz. As medidas aqui apresentadas ilustram este processo e mais dois fenômenos que podem ocorrer durante o uso desta metodologia quando a Sonda Termoelástica é usada fora das especificações: a cavitação da coluna de óleo e a perda de condutividade hidráulica.

**PALAVRAS-CHAVE:** sucção, sonda termoelástica, raiz

## A NEW METHODOLOGY TO MEASURE THE WATER TENSION IN ROOTS OF CARROT

**ABSTRACT:** In this work we present a new methodology to measure water tension in roots of carrot (*Daucus carota*). It was developed to a set up recently patented by Embrapa, the Thermoelastic Probe based in two properties of the fluids: the variation of volume respect the variation of temperature and pressure. The set up consist of a reservoir to stabilize the temperature of the sensor: a glass capillary almost completely filled with a mineral oil and water close to the tip that touch the sample. When the sensor touch the sample the water is sucked until the tension in the oil column be equal the tension of the water in the root. The measurements presented here illustrate this process and two more phenomena that can occur during the use of theese methodologies when the thermoelastic probe is used out of the specifications: the cavitation of the oil column and the loss of hidraulic conductivity.

**KEYWORDS:** suction, Thermoelastic probe, root

**INTRODUÇÃO:** De uma maneira geral os materiais apresentam uma variação de volume ao serem submetidos a uma variação de temperatura (PESSOA & CALBO, 1997). Normalmente esta relação é positiva, com a importante exceção da água que aumenta de volume quando sua temperatura cai abaixo de 4°C. A variação volumétrica relativa ( $dV/V$ ) que o material sofre quando submetido a uma variação de temperatura ( $dT$ ), a pressão constante, é chamada coeficiente de expansão térmica ( $\alpha, ^\circ C^{-1}$ ):  $\alpha=dV/(Vdt)$ .

Se a temperatura é mantida constante e a amostra sofre uma variação de pressão positiva ou negativa ( $dP$ ), a amostra muda de volume ( $dV/V$ ) em uma proporção característica do material, cuja propriedade é representada pelo coeficiente de compressão ( $\kappa, MPa^{-1}$ ):  $\kappa=-dV/(Vdp)$ .

Estes conceitos foram implementados na Sonda Termoelástica (PESSOA, 1999) (CALBO & PESSOA, 1999), inicialmente testada para medida da turgescência celular. Ela é formada por um banho termostatizado para estabilização da temperatura de referência, um sensor, o porta-amostra e um microscópio com ocular micrométrica.

O sensor é um capilar de vidro selado em uma das extremidades e quase completamente preenchido com um óleo mineral. Próximo à ponta o capilar é completado com água. Quase todo o volume do capilar sensor é mantido em contato com o banho termostatizado para mante-lo à temperatura constante e apenas um pequeno volume, próximo à ponta de contato com a amostra, é exposto à temperatura ambiente e à observação do microscópio.

**MATERIAL E MÉTODOS:** **Construção dos capilares sensores.** Para fabricação dos sensores utilizou-se um hematocapilar que depois de pronto tinha um comprimento de 15cm, diâmetro interno de aproximadamente 70 $\mu$ m e uma ponta de face plana.

Quando dobrado em forma de círculo sua maior curvatura ocorre onde o cilindro de vidro estiver mais fino. Uma das extremidades do cilindro é fixada entre dois imãs e à outra é acoplado um peso (foram usados pesos de 100 e 200g). A região onde o cilindro é mais fino uma chama de 1mm de diâmetro é aproximada, rompendo o vidro quando começar a fundir, formando uma ponta de face plana.

Antes de preencher os capilares com o óleo mineral eles foram avaliados em termos de tamanho e qualidade das extremidades (correspondente à ponta de contato com a amostra e a extremidade do bulbo) para descarte dos sensores fora de especificação.

Reposando a extremidade do bulbo no óleo ele é succionado por capilaridade. Opcionalmente aplicou-se vácuo na ponta do capilar, com cuidado para não formar bolhas de ar. A extremidade do bulbo foi selada com cianoacrilato ou por fusão do vidro. Neste caso, antes da fusão succionou-se uma pequena quantidade de água que evaporava antes do selamento.

**Metodologia de medida.** Quando o tecido vegetal sob déficit hídrico entra em contato com a coluna de água do capilar ele a absorve deslocando a interface água/óleo e tensionando a coluna de óleo até que a tensão na coluna de óleo seja igual à sucção da raiz. O valor da tensão da água na raiz será igual à tensão na coluna de líquido, que pode ser calculada através da relação  $\Delta P = (\alpha/\kappa)(dT/dL)\Delta L$ , sendo  $dL/dT$  o deslocamento infinitesimal do menisco em função da variação da temperatura, uma característica do capilar usado, e  $\Delta L$  o deslocamento total do menisco.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Para aplicação do método isotérmico de medida da sucção da raiz o capilar-sensor foi caracterizado quanto a sua relação  $dT/dL$  obtendo-se  $\Delta P = 5,17 \times 10^{-3} \Delta L$ , sendo  $[\Delta P] = \text{MPa}$ ,  $[\Delta L] = \mu\text{m}$ . Para as medidas de  $\alpha$  e  $\kappa$  ver (PESSOA & CALBO, 1997)

Após a calibração do sensor foram feitas algumas medidas da tensão de raízes túrgidas de cenoura (*Daucus carota*) compradas no mercado local e armazenadas durante 24 horas a aproximadamente 23°C, parcialmente submersas em água. Antes de serem fixadas no porta-amostras o excesso de água das raízes foi removido com uma toalha de papel e a raiz quase completamente recoberta com um filme plástico para limitar a perda de água. A posição do menisco foi registrada ao longo do tempo, resultando nos gráficos da figura. Os três gráficos mostram três situações possíveis durante o uso desta técnica.

A figura a ilustra a perda de água até 59 segundos (0.4MPa), após o que ocorre um deslocamento abrupto do menisco para dentro do capilar, indicando a ocorrência de cavitação na coluna de óleo. Na figura b a raiz alcançou um estado de equilíbrio estável em aproximadamente 115KPa depois de 60 segundos. No último gráfico (figura c) a Sonda Termoelástica acompanhou o aumento da tensão da água na raiz, mostrando um crescimento relativamente rápido entre 15 e 20 segundos, seguido de alguns instantes de equilíbrio e novo aumento até 45KPa (em 48s). Depois disto surgiu uma pequena bolha na ponta do capilar decorrente da entrada de ar entre o sensor e a raiz.

Estes resultados ilustram portanto a ruptura da coluna de líquido por cavitação (figura a) ou por perda da condutividade hidráulica (figura c). Na utilização destas instrumentações o operador deve observar que: 1- A tensão máxima que a coluna de óleo suporta antes de cavar depende da variação relativa de volume [  $dP = dV/(\kappa V)$  ] e portanto das dimensões internas do sensor. Também depende da superfície interna do sensor, que sem partes móveis e quase nenhuma reentrância aumenta a faixa de valores mensurável (BAIER *et al.*, 1968); 2- O método de encostar o capilar na epiderme do orgão pode ser um problema quando o encolhimento do orgão, causado pela desidratação, for suficientemente grande para desfazer a conexão hidráulica (na medida mostrada aqui a desconexão foi causada por uma pequena vibração na mesa de trabalho). Para contornar este problema talvez seja suficiente usar um capilar sensor com ponta cônica, estabelecendo o contato hidráulico da amostra por punctionamento (SCHACKEL *et al.*, 1991).

A disponibilização de uma metodologia relativamente simples e econômica para medida da tensão da água na planta repercute favoravelmente em diversas áreas da fisiologia vegetal e da engenharia agrícola. Tal instrumentação poderá estabelecer um critério de avaliação do estado hídrico da planta permitindo relacioná-lo com diversas outras variáveis, como o manejo do solo, os genótipos e o sistema de irrigação. De um ponto de vista estratégico este tipo de trabalho poderá favorecer as pesquisas em duas áreas fundamentais para a compreensão da fisiologia vegetal: a importância da parede celular (CALBO & CALBO, 1989) e o crescimento vegetal (CALBO & PESSOA, 1994).

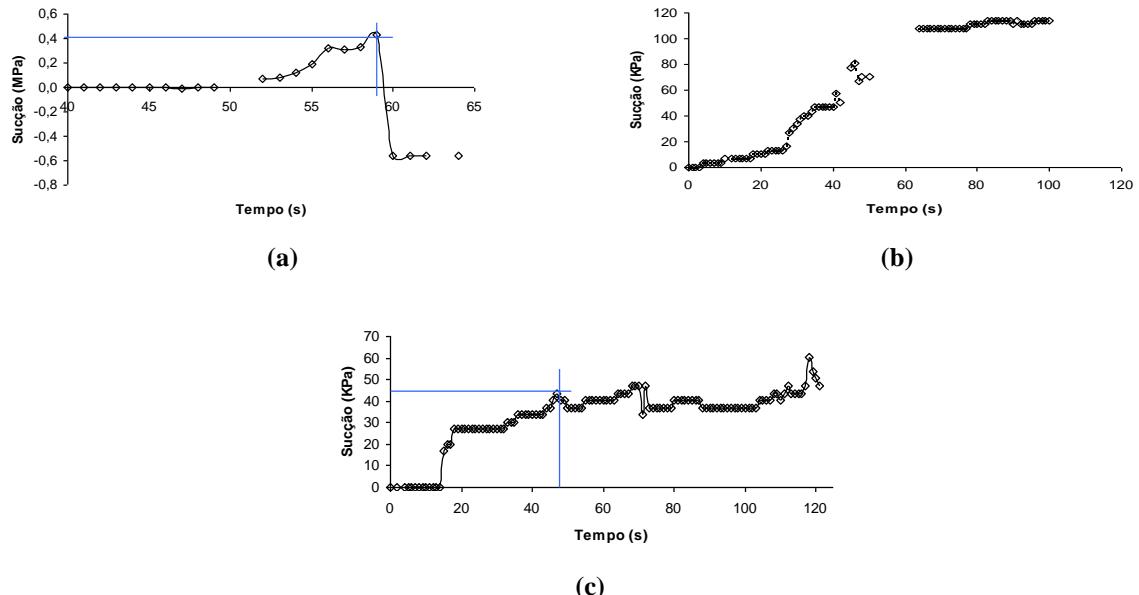


Figura: Os gráficos exemplificam o comportamento do menisco durante uma medida de sucção, onde podem ocorrer cavitação (a), estabilização temporária da sucção (b) e entrada de ar pela ponta do sensor (c).

**CONCLUSÕES:** Neste trabalho foi apresentada uma nova metodologia para medida da tensão da água na raiz de cenoura, um componente importante na formação do potencial total do orgão. Adicionalmente foram mostrados alguns efeitos (a cavitação e a perda do contato hidráulico) do uso inadequado da técnica. Estes resultados parecem indicar que esta nova instrumentação, a Sonda Termoelástica e suas metodologias de uso para medida de turgescência e sucção, poderão se tornar uma ferramenta útil nos estudos que procuram relacionar o estado hídrico da planta com uma variável dependente relevante para aumentar a produtividade, a qualidade dos produtos agrícolas ou reduzir o impacto ambiental da produção agrícola.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- BAIER, R.E.; SHAFRIN, E.G.; ZISMAN, W.A. Adhesion: mechanisms that assist or impede it. *Science*, v.162, p.1360-1368, 1968.
- CALBO, A.G.; CALBO, M.E. Medição e importância do potencial de parede. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v.1, n.1, p.41-45, 1989.
- CALBO, A.G.; PESSOA, J.D.C. A plant growth re-analysis. An extension of Lockhart's equation to multicellular plants. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*. n.2, v.6, p.83-89, 1994
- CALBO, A.G.; PESSOA, J.D.C. Thermoelastic pressure probe development to test the cohesion theory assumptions. Liquid expandability, compressibility and pressure measurements. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*. n.3, v.11 p.129-136, 1999.
- PESSOA, J.D.C. Instrumentações para estudo das relações água-planta. *Tese*. Universidade Federal de São Carlos: São Carlos. 1999.
- PESSOA, J.D.C.; CALBO, A.G. Caracterização do comportamento compressivo-expansivo de amostras fluidas com volume da ordem de micro-micro litros. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA, 1, 1996, São Carlos-SP. *Anais do I SIAGRO...* São Carlos: EMBRAPA-CNPDIA, 1997. p.411-415.
- SHACKEL, K.A.; POLITO, V.S.; AHMADI, H. Maintenance of turgescência by rapid sealing of puncture wounds in leaf epidermal cells. *Plant Physiology*, v.97, p.907-912, 1991.