

# ESTUDO COMPARATIVO DE TOMATES POR TOMOGRAFIA DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

**Fabrcio Gonçaves CORRÊA<sup>1</sup>**  
**Julyenne Christynne ESCRIVANI<sup>2</sup>**  
**Clovis Isberto BISCEGLI<sup>3</sup>**  
**Lucimara Aparecida FORATO<sup>4</sup>**

**RESUMO:** A tomografia de ressonância magnética é uma técnica que deriva da Ressonância Magnética Nuclear (RMN) e tornou-se, na última década, a mais rigorosa, sofisticada e promissora técnica de obtenção de imagem tanto em pesquisa como no diagnóstico clínico devido a sua exatidão nas informações. Por meio desta vantajosa técnica pode-se determinar seu potencial, como método não invasivo e não-destrutivo, para avaliar os efeitos de diferentes culturas em vários tipos de frutos, dentre eles o tomate. Foram utilizados tomates no estágio de maturação do cultivo convencional e orgânico. Sendo assim, realizadas análises com tomógrafo de ressonância magnética Varian Inova de 2 Tesla. As imagens foram obtidas a partir da detecção dos núcleos de hidrogênio (<sup>1</sup>H). Para cada fruto, foram obtidos tomogramas simétricos a partir do centro do fruto. A tomografia de ressonância magnética mostrou-se uma ferramenta eficaz na visualização dos frutos sem danificar ou destruir a amostra. As imagens tomográficas confirmam que o sistema de cultivo orgânico ou convencional não altera de forma visível a morfologia dos tecidos dos frutos.

**PALAVRAS-CHAVE:** tomografia; ressonância magnética; tomates orgânicos.

---

1 - Docente do Curso de Medicina Veterinária Centro Universitário Central Paulista. Centro Universitário Central Paulista – UNICEP, Rua Miguel Petroni 5111, 13563-470 São Carlos, São Paulo, Brasil. fabscorrea@gmail.com

2 - Discente do Curso de Medicina Veterinária Centro Universitário Central Paulista. Centro Universitário Central Paulista – UNICEP, Rua Miguel Petroni 5111, 13563-470 São Carlos, São Paulo, Brasil. julyennece@gmail.com

3 - Embrapa Instrumentação Agropecuária. C.Postal 741. 13560-970. São Carlos- SP. clovis@cnpdia.embrapa.br

4 - Embrapa Instrumentação Agropecuária. C.Postal 741. 13560-970. São Carlos- SP. lucimara@cnpdia.embrapa.br

## Introdução

É notória a preocupação com o meio ambiente e a maneira com que ele se transforma. Observa-se a retomada do crescimento da agricultura orgânica, que visa diminuir os efeitos adversos do uso de produtos químicos no ecossistema (SOUZA et al., 1995).

A produção de tomates no Sudeste do país é ampla, cerca de 57% de toda a produção, proporcionando cada vez mais o crescimento da economia no Brasil. O tomate cultivado é para o consumo in natura, sendo que em São Paulo e Minas Gerais são produzidos 43% do total. Já o Sul do Brasil ocupa 19% da superfície, sendo o Paraná com 9%, Santa Catarina com 6% e Rio Grande do Sul com 4% desse total. O restante do Brasil, Centro Oeste e Nordeste participam com 24% do total da área plantada de tomate de mesa no país. Já o tomate para processamento tem 62% de sua área em Goiás, 20%, em São Paulo e 16%, em Minas Gerais.

Como todo produto destinado ao processamento em larga escala, os preços dos produtos derivados de tomate são muito influenciados pelo mercado internacional. Por isso, a tecnologia de produção deve buscar competitividade, reduzindo custos de produção e elevando os índices de produtividade e qualidade, necessita então, de métodos diversificados com alta tecnologia para melhorar cada vez mais sua qualidade e cada vez mais aumentar a rentabilidade da cadeia produtiva.

Um exemplo notável de avanço da tecnologia no estudo do tomate é a espectroscopia por Ressonância Magnética que constitui um método não-invasivo, seguro e capaz de fornecer informações sobre o estado químico e físico dos materiais, bem como sobre o estado fisiológico e as condições de metabolismo em sistemas biológicos, sem qualquer extração ou destruição da amostra (BOTTOMLEY, 1982; CLARK, BURMEISTER, 1999).

A condição fundamental para analisar-se algum material por Ressonância Magnética é a presença de núcleos com momento magnético. Para as frutas, o núcleo mais indicado é o do hidrogênio ( $^1\text{H}$ ), que devido à sua abundância, resulta num alto valor da relação sinal/ruído e, conseqüentemente, permite a obtenção de espectros e imagens em tempos curtos. A mobilidade desses núcleos de hidrogênio nos frutos varia com os processos metabólicos e maturação. Adicionalmente, essas concentrações e a mobilidade dos átomos de  $^1\text{H}$  estão associadas com atributos qualitativos desses frutos, como a ocorrência de injúrias mecânicas nos tecidos (CHEN et al., 1996).

Considerando que os parâmetros da ressonância magnética da água em alimentos

são dependentes de sua arquitetura celular, as mudanças que afetam a sua estrutura podem ser detectadas por tomografia por ressonância magnética através da formação de imagens. A Tomografia de Ressonância Magnética (TORM) ou imagem por RM (IRM) é um método não invasivo capaz de fornecer informações sobre os estados químico e físico de frutas frescas, bem como sobre o estado fisiológico, sem qualquer extração ou destruição da amostra. Essa é uma das formas não destrutivas de avaliação e que pode ser usada como controle de qualidade de frutas, pois este fator está correlacionado com o processo de amadurecimento da maioria das frutas (BISCEGLI et al., 2003).

Especificamente, mudanças de textura provocadas pelo amadurecimento de uma fruta, ou em consequência de impactos mecânicos, devem ser observadas como alterações no ambiente molecular da água, podendo constituir parâmetros para aferir a qualidade de frutos, através de alterações morfológicas observáveis em imagens de TORM. Adicionalmente, a mobilidade dos átomos de H está associada a atributos qualitativos dos frutos, como a ocorrência de injúrias mecânicas nos tecidos. Estudos com goiabas inteiras indicaram a TORM como poderosa ferramenta para fornecer informações sobre a estrutura interna, relacionado-as à qualidade, como a ocorrência de injúrias mecânicas, regiões desidratadas, danos por larvas, amolecimento interno e estágio de maturação (BISCEGLI et al., 2003).

O tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) tornou-se um dos frutos mais importantes do mundo. Como se trata de uma cultura com um ciclo relativamente curto e de altos rendimentos, a cultura do tomate tem boas perspectivas econômicas e a área cultivada aumenta a cada dia. O tomate pertence à família das *Solanaceae*. Esta família inclui também outras espécies conhecidas, como a batata, o tabaco, as pimentas e a berinjela.

O cultivo do tomate apresenta certas vantagens, dentre elas: trata-se de uma cultura de legumes com um ciclo relativamente curto; pode-se optar entre um período de produção curto ou prolongado; pode-se cultivar como uma cultura arvense, não coberta, e como uma cultura protegida, em estufas; pode-se encaixar bem em diferentes sistemas de cultivo; tem um valor econômico elevado; tem um teor de micronutrientes alto; os frutos podem ser processados, secos e enlatados (NAIKA et al., 2006).

**Fertilizantes e agrotóxicos:** Os fertilizantes são usados no cultivo de frutos em geral com a finalidade de aumentar o rendimento do fruto em si. Há dois grupos de nutrientes para aplicar nas culturas: fertilizantes orgânicos ou estrumes e fertilizantes químicos. Para

o uso de fertilizantes orgânicos ou estrumes é recomendado que o estrume esteja seco quando incorporado ao solo, visto que o estrume fresco é demasiadamente vigoroso e, por conseguinte, pode danificar as plântulas tenras.

O composto orgânico é fácil de preparar à base de vários tipos de materiais orgânicos. Exemplos de materiais que podem ser utilizados são: restos vegetais de culturas, lixo da cozinha, galhos do jardim e estrume. O composto é uma fonte abundante de macro e micronutrientes. Fornecem nutrientes no momento apropriado e nas quantidades requeridas. É particularmente útil para melhorar a estrutura do solo e aumentar a fertilidade (NAIKA, S. et al., 2006).

Os fertilizantes químicos não melhoram a estrutura do solo, mas o enriquecem fornecendo nutrientes, são relativamente dispendiosos. Em um sistema de cultivo em pequena escala e em situações de preços variáveis e rendimentos limitados (devido à presença de doenças, um clima desfavorável ou solos deficientes) não vale a pena usar grandes quantidades de fertilizantes químicos (NAIKA, S. et al., 2006). Devido ao grande prejuízo econômico.

Em relação aos agrotóxicos, o tomate é uma cultura que exige uma alta frequência de aplicação de pesticidas e é um alimento muito presente na dieta brasileira. Logo, pesquisas são importantes para informar ao consumidor a qualidade dos alimentos ingeridos, garantindo um consumo de alimentos livres de contaminantes, que são potencialmente tóxicos à saúde humana e pode significar um risco para a saúde do consumidor (LATORRACA et al., 2008).

Na maioria dos casos, os resíduos dos agrotóxicos são observados quando usados na fase de maturação dos tomates. Entretanto, todos os valores encontrados estão abaixo dos limites de tolerância pelo organismo. O estágio de desenvolvimento da cultura em que foram aplicados os produtos, o grau de persistência dos princípios ativos usados, bem como o número de aplicações, não demonstraram ser os principais fatores para que haja ocorrência de contaminação.

Um estudo realizado na região de Goiânia e Goianópolis afirma que os agrotóxicos identificados como os mais utilizados para a produção do tomate, são os das classes inseticidas e fungicidas, sendo os inseticidas de uso mais comum. A maioria possui permissão para uso na cultura, com exceção do inseticida de nome comercial Folidol 600, de ingrediente ativo parathion-methyl, que não tem registro para uso no tomate (LATORRACA et

al., 2008).

As pragas mais comuns em tomateiros combatidas pelos fertilizantes são: Traça-do-tomateiro, Mosca branca, Ácaros, Larva minadora, Tripes, Pulgões, Lagarta-rosca, Broca grande, Broca pequena, Lagarta-militar e Burrinho. Em geral as pragas são combatidas com pesticidas, não podendo ser sempre o mesmo, pois estudos confirmam que o mesmo pesticida usado por muito tempo no mesmo local, faz com que as pragas fiquem mais resistentes aos mesmos, tornando a eliminação mais difícil.

Os estudos da toxicidade dos pesticidas mostram que apesar do rigor da pesquisa em avaliar seus efeitos na saúde humana, estas envolvem praticamente a exposição ocupacional e intoxicação aguda, sendo incertos os reais efeitos da ingestão a longo prazo destes resíduos em alimentos (LATORRACA et al., 2008).

Investimentos e incentivos às pesquisas dos efeitos da ingestão de resíduos, assim como possibilidades de redução dos mesmos, por meio de dados gerados pelo consumo alimentar nas diferentes faixas etárias da população brasileira, são necessários, para a identificação dos possíveis efeitos à saúde humana (LATORRACA et al., 2008).

## Métodos

O presente estudo foi desenvolvido no Laboratório de Espectroscopia por Ressonância Magnética Nuclear da Embrapa - Instrumentação - São Carlos – SP.

Foram utilizados na pesquisa 10 tomates, *Lycopersicon esculentum Mill*, sendo frutos maduros e firmes adquiridos no comércio varejista. Os frutos foram mantidos no laboratório por dois (2) dias sendo divididos em dois grupos: Orgânicos e Convencionais.

Grupo 1: Orgânicos – Tomates que foram cultivados de forma orgânica

Grupo 2: Convencionais – Tomates cultivados sob o sistema convencional, com aplicação de agrotóxicos e fertilizantes sintéticos.

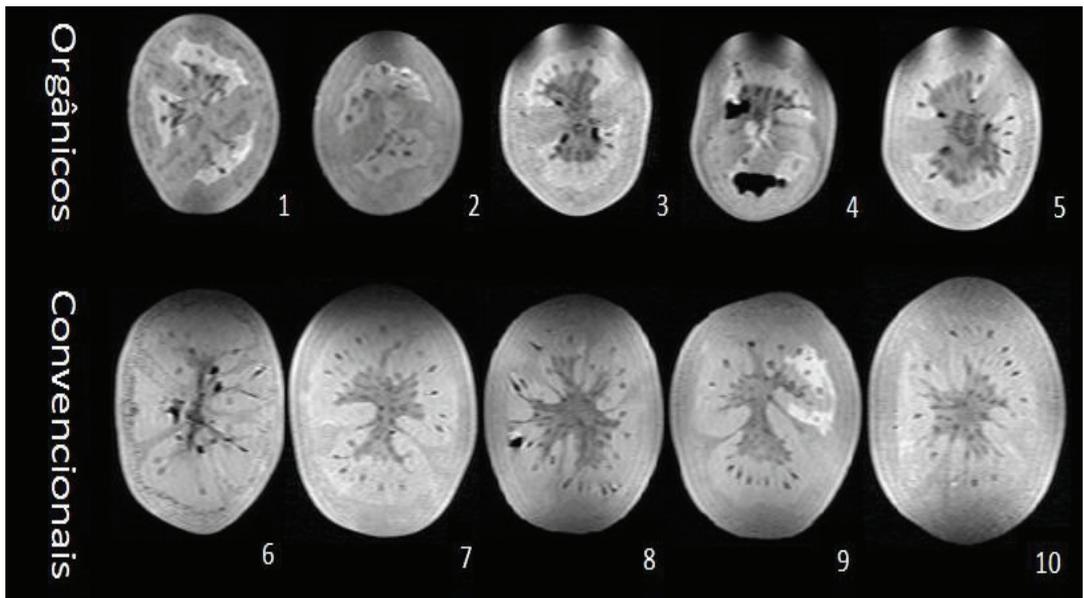
Os frutos foram analisados no tomógrafo de ressonância magnética Varian Inova de 2 Tesla, com a inserção dos mesmos numa bobina de radiofrequência do tipo “gaiola” com diâmetro interno de 8,3 cm operando na frequência de 85,53 MHz. As imagens foram obtidas a partir da detecção dos prótons de hidrogênio ( $^1\text{H}$ ), que em sua maioria estão presentes nas moléculas de água que compõem as frutas. As imagens geradas são em matrizes

de 256 x 256 *pixels*, em 256 tons de cinza.

Para cada fruto foram obtidos inúmeros tomogramas, sendo dois (2) com cortes na orientação transversal e um (1) na orientação sagital, simétricos a partir do centro do fruto. As imagens bidimensionais foram analisadas com relação a forma, localização e textura dos tons de cinza, que indicam as situações da água, mais móvel (livre) ou mais ligada aos tecidos saudios. Essas imagens foram captadas com intervalos de 24 horas durante dois (2) dias comparando os dois tipos de tomates.

## Resultados e Discussão

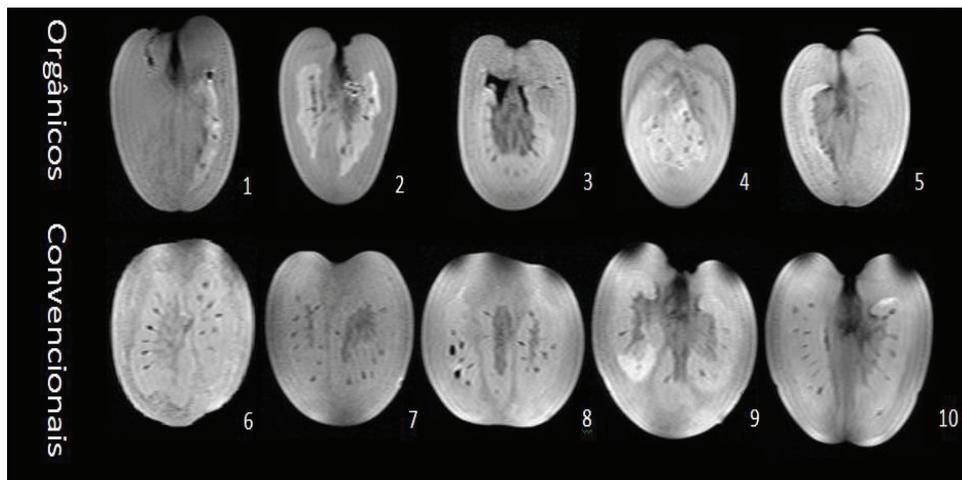
Nas figuras 1 e 2 são apresentadas as imagens comparativas por TOMN entre tomates convencionais e orgânicos. As imagens obtidas são observadas essencialmente a partir dos sinais dos núcleos de  $^1\text{H}$  da água (densidade de hidrogênios), que corresponde a, pelo menos, 94% da intensidade do espectro de  $^1\text{H}$  dos frutos do tomateiro.



**Figura 1:** Cortes transversais (Axiais) comparando tomates orgânicos e convencionais realizado por Tomografia por Ressonância Magnética. As análises foram realizadas por densidade de  $^1\text{H}$

As áreas mais claras das imagens indicam maior mobilidade de moléculas de água

livre e também podem ser indícios de injúrias causadas por embalagem, transporte, armazenamento inadequado, até por consumidores ou mesmo já instaladas no fruto pela natureza. O alto conteúdo de água livre pode ser resultado de rompimento celular e como consequência alto conteúdo de água livre (LAMMETTYN et al., 2003).



**Figura 2:** Cortes coronais comparando tomates orgânicos e convencionais realizado por Tomografia por Ressonância Magnética Nuclear.

As sombras escuras nas extremidades das imagens de certos tomates são consideradas como artefatos causados pela não uniformidade do campo magnético de radiofrequência da bobina em virtude do diâmetro dos frutos excederem o limite útil da bobina.

## Conclusões

Analisando as imagens obtidas nos estudos realizados, confirma-se a hipótese inicial de que, o cultivo orgânico ou convencional do tomate não altera visivelmente a morfologia dos tecidos dos frutos, exceto por algum dano ou injúria causados ao mesmo como já pesquisado anteriormente (MATTIUZ et. al., 2002).

A tomografia de ressonância magnética é considerada uma ferramenta de fato eficaz na detecção de injúrias internas de frutos, seja elas causados por qualquer dano externo como impactos, compressão ou cortes.

*Comparative study of tomatoes in magnetic resonance tomography*

**ABSTRACT:** The magnetic resonance tomography is a technique that derives from the Nuclear Magnetic Resonance (NMR) and became in the last decade, the most accurate, sophisticated and promising technique to obtain the image in both research and clinical diagnosis because of its accuracy in information. Through this technique may be advantageous to determine their potential as non-destructive method to evaluate the effects of different cultures in various types of fruits, including tomatoes. Tomatoes were used at the stage of maturation of organic and conventional farming. Therefore, analyzing with magnetic resonance tomograph Varian 2 Tesla. The images were obtained from the detection of hydrogen nuclei ( $^1\text{H}$ ). For each fruit was obtained symmetrical from the center of the fruit. The magnetic resonance tomography proved to be an effective tool for visualization of the fruit without damaging or destroying the sample. The tomographic images confirm that the system of organic farming or conventional does not visibly alter the morphology of the tissues of fruit.

**KEYWORDS:** tomography, MRI, organic tomatoes.

### **Referências bibliográficas**

BISCEGLI, C. I. et. al. **Uso da Tomografia de Ressonância Magnética para Diagnosticar os Efeitos de Injúrias Mecânicas em Figos ‘Roxo de Valinhos**. São Carlos: EMBRAPA, Comunicado técnico p. 52, 2003.

BOTTOMLEY, P.A. NMR imaging techniques and applications: a review. **Review of Scientific Instruments**, New York, v. 53, n. 9, p. 1319 - 1337, 1982.

CHEN, P.; McCARTHY, M.J.; KIM, S.-M.; ZION, B. Development of a high-speed NMR technique for sensing maturity of avocados. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 39, n. 6, p. 2205-2209, 1996.

CLARK, C.J.; BURMEISTER, D.M. Magnetic resonance imaging of browning development in ‘Braeburn’ apple during controlled-atmosphere storage under high CO<sub>2</sub>. **HortS-**

**cience**, Alexandria, v. 34, n. 5, p. 915-919, 1999.

LAMMERTYN, J., Dresselaers, T. Van Hecke, P., Jancso'k, P., Wevers, M., Nicolai, B.M. Analysis of the time course of core breakdown in "Conference" pears by means of MRI and X- ray CT. **Postharvest Biology and Technology**, v.29, p. 19-28, 2003.

MATTIUZ, B. H; BISCEGLI, C. I.; DURIGAN, J .F. Aplicações da tomografia de ressonância magnética nuclear como método não-destrutivo para avaliar os efeitos de injúrias mecânicas em goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 3, p. 641-643, 2002.

NAIKA, S. et. al. **A Cultura do tomate: produção, processamento e comercialização**. Agrodok 17. Wageningen, Países Baixos, 2006.

SOUZA, A. P.; SAMPAIO, R. A.; COUTINHO, O. Produtividade da cenoura em Roraima submetida a diferentes fontes de adubos orgânicos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 14, n. 2, p. 279, maio, 1995.