

● REVISTA

# INOVA

## Ciência & Tecnologia

V. 3 • N. 2 • Jul/Dez., 2017

# EXPEDIENTE

## REITOR

Dr. Roberto Gil Rodrigues Almeida

PRÓ-REITOR DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO  
Dr. Humberto Marcondes Estevam – IFTM

DIRETOR DE PESQUISA E INOVAÇÃO  
Dr. Carlos Antônio Alvarenga Gonçalves – IFTM

## EDITOR CHEFE

Dr. Adelar José Fabian – IFTM

## EDITORES ADJUNTOS

Dr. Márcio José de Santana – IFTM

Dr. Valdeci Orioli Júnior – IFTM

## EDITORES ASSOCIADOS • AGRONOMIA

Dr. Arcangelo Loss – UFSC

Dr. Flávio Anastácio de Oliveira Camargo – UFRGS

Dr. Igor Souza Pereira – IFTM

## EDITORES ASSOCIADOS • CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Dra. Katiuchia Pereira Takeuchi – UFG

Dra. Deborah Santesso Bonnas – IFTM

## EDITORES ASSOCIADOS - ZOOTECNIA

Dr. Cleber Barbosa de Oliveira – IFTM

Dr. José Robson Bezerra Sereno – Embrapa Cerrados - CPAC

Dr. José Domingos Guimarães – UFV

## EDITORES ASSOCIADOS • CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Dr. Cláudio de Castro Monteiro – IFTO

Dr. Hugo Leonardo Pereira Rufino – IFTM

Dr. Márcio Andrey Teixeira – IFSP

Me. Márcio Augusto Tamashiro – IFTO

## EDITORES ASSOCIADOS • EDUCAÇÃO

Dr. Décio Gatti Júnior – UFU

Dr. Geraldo Gonçalves de Lima – IFTM

Dr. Gustavo Araújo Batista – UNIUBE

Dr. Luciano Marcos Curi – IFTM

Dr. Welisson Marques – IFTM

## SECRETARIA EXECUTIVA

Esp. Elia Cristina Alves dos Santos – IFTM

## REVISÃO DA LÍNGUA INGLESA E PORTUGUESA

Ma. Cristiane Manzan – IFTM

Dra. Maria Amélia da Silva Campos Souza – IFTM

## REVISORES LÍNGUA INGLESA

Esp. Joyce Gracielle de Sousa Braga – IFTM

Me. Juliana Vilela Alves – IFTM

Lic. Carolina Pereira Campos – IFTM

Drª Valeska Virgínia Soares Souza – IFTM

## REVISORES LÍNGUA PORTUGUESA

Dra. Valéria Guimarães de Freitas Nehme – IFTM

Ma. Mariângela Castejon – IFTM

## NORMALIZAÇÃO

Esp. Elis Ane de Oliveira Vieira – IFTM

Esp. Fabiane Neli de Carvalho – IFTM

Esp. Fernanda Imaculada Faria – IFTM

Ma. Rosemar Rosa – IFTM

Esp. Sandra Mara Trindade – IFTM

## SUPORTE TI

Esp. Eduardo de Oliveira Araújo – IFTM

Esp. Wendell Albino Silva – IFTM

## EDITORES DE LAYOUT

Esp. Danilo Silva de Almeida – IFTM

Bel. Marcos Roberto Capuci Lima – IFTM

Revista Inova Ciência & Tecnologia / Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro. V. 3, n. 2, (jul./dez., 2017) – Uberaba, MG: Editora IFTM, 2017.

Semestral  
ISSN 2447-4924 (Impressa)  
ISSN 2447-598X (Digital)

1. Pesquisa. Pesquisa científica. Periódicos. I. Instituto Federal do Triângulo Mineiro

CDD-001.4

## ● EDITORIAL

A publicação deste número da Revista Inova Ciência e Tecnologia do IFTM reforça nosso propósito de levar ao leitor artigos de qualidade científica e de layout!

Os artigos da área de Agronomia trazem contribuições no que se refere ao uso racional de água na irrigação por meio do estudo sobre a lâmina ótima econômica para o tomateiro irrigado cv. Andréa em ambiente protegido. Dentre outras observações foi constatado que as lâminas ótimas, física e econômica foram de 581,4 mm e 415 mm, para uma produtividade de 72,64 t ha<sup>-1</sup> e 61,8 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Mostra também que o uso de ácido salicílico influencia negativamente a porcentagem de germinação e o vigor das sementes de pepino.

Na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos apresentamos alguns questionamentos sobre a aplicabilidade dos métodos sensoriais tradicionais e inovadores utilizados em estudos de aceitação e preferência de alimentos, por consumidores infantis. Devido ao fato dos testes utilizados em pesquisas deste tipo nem sempre relacionarem o desenvolvimento cognitivo infantil à resposta da criança frente ao estímulo visual contido no alimento torna-se necessário avaliar adequadamente o tipo de método de análise dos dados, para que os fatores inerentes às etapas do desenvolvimento infantil não sejam desconsiderados e as variáveis interpretadas inadequadamente.

A segunda revisão mostra que a extração supercrítica é um processo baseado no contato entre uma amostra desidratada de origem vegetal ou animal e um solvente pressurizado. Desse modo obtém-se extratos com características particulares ou potencialização das suas propriedades. É uma técnica seletiva em que se torna possível promover maior seletividade de compostos extraíveis. A extração supercrítica de frutas desidratadas utiliza principalmente Dióxido de Carbono como fluido supercrítico e etanol como co-solvente. Como resultado verifica-se melhor qualidade e pureza biológica dos extratos obtidos por esta técnica quando comparada aos métodos convencionais.

Também foram avaliadas as vantagens do uso da pectina do albedo do maracujá, como agente estabilizante em sorvetes convencionais. A pectina proporcionou ao sorvete a redução do teor de gordura, melhor aeração, aumento da viscosidade e melhor estabilidade durante seu derretimento. Assim, a potencialidade dos resíduos orgânicos como matéria-prima na obtenção de coprodutos com aplicação tecnológica e funcional na indústria alimentícia tornou-se evidente.

De modo análogo, a substituição da farinha de trigo pelo sorgo mostrou satisfazer os consumidores do ponto de vista sensorial e de saciedade, com destinação principalmente ao público celíaco e pessoas que buscam uma alimentação alternativa. A amostra com 100% de sorgo foi a que obteve melhores resultados para os atributos sabor e textura e apresentou uma intenção de compra de 45%, enquanto a formulação com 0% de sorgo apresentou uma intenção de compra de apenas 28%. A adição de farinha de sorgo em maiores proporções influenciou positivamente os resultados de aceitação dos pães, indicando que o sorgo pode ser empregado na panificação de forma eficaz.

O artigo de Ciência da Computação traz o estudo sobre um compilador empregado na definição e geração de normas em sistemas multiagentes, tendo como propósito apresentar uma nova sintaxe para normas, utilizando uma gramática BNF (Backus-NaurForm).

Na área da educação os autores analisaram o trabalho docente sob a ótica da política regulatória governamental, aplicada por meio da Avaliação de Desempenho Individual (ADI), aos profissionais da educação. Constataram que a falta de condições adequadas, a sobrecarga de serviço e a falta de incentivos remuneratórios resultam em implicações negativas na saúde desses profissionais.

Diante dos diversos assuntos de cunho social, educacional e de natureza tecnológica buscamos selecionar aqueles que julgamos de maior interesse aos leitores mas tornou-se imprescindível considerar novas possibilidades de abrangência dos temas abordados pela revista. Com essas considerações aproveitamos o ensejo para agradecermos aos gestores do IFTM pela confiança e apoio, aos membros da equipe editorial, bem como aos avaliadores científicos, que não mediram esforços para que este propósito se tornasse realidade.

Boa leitura!

Dr. Adelar José Fabian  
Editor chefe



## ● SUMÁRIO

### AGRONOMIA

*Ácido salicílico e potencial germinativo na germinação de sementes de pepino*  
*Josef Gastl Filho, Leila L. Da S. Bonetti, Rosivaldo da S. Araujo,*  
*Sávio L. de Santi, Vania A. Nascimento, Muriel S. Vilarinho ..... 7*

*Lâmina ótima econômica para o tomateiro irrigado cv. Andréa em ambiente protegido*  
*Taynara Tuany Borges Valeriano, Márcio José Santana, Stefany Silva de Souza,*  
*Uander da Costa Pereira, Talita Melo Campos ..... 13*

### CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

*Métodos sensoriais utilizados em estudos de aceitação e preferência de alimentos por*  
*consumidores infantis: uma revisão*  
*Caroline Geoffroy Ribeiro, Ellen Menezes, Paulo Sérgio Marcellini, Alexandre Porte ..... 20*

*Aplicação de pectina extraída de resíduos de maracujá (*passiflora edulis*)*  
*como agente estabilizante em sorvetes*  
*Kenny Suemy Uehara, Raíssa Arantes Barboza, Revenli Fernanda do Nascimento,*  
*Cleoci Beninca, Maria Helene Giovanetti Canteri ..... 29*

*Extração supercrítica aplicada a frutas – revisão*  
*Juliana Dias Maia, Tatiana Valesca Rodriguez Alicieo ..... 36*

*Aceitação sensorial de pão de forma a base de farinha de sorgo*  
*Emiliano Nascimento Pereira, Davi Augusto de Lima Guimarães, Gislaine Fernandes,*  
*Luciene Alves, Juliana Carolina de Oliveira, Fernanda Barbosa Borges Jardim ..... 49*

### CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

*Um compilador para definição e geração de normas em sistemas multiagentes*  
*Luccas Felipe Oliveira, Eduardo Augusto Silvestre, Viviane Torres da Silva ..... 56*

### EDUCAÇÃO

*Trabalho docente e políticas educacionais: um estudo sobre o controle do trabalho*  
*docente na rede estadual de ensino de minas gerais em Uberlândia - a partir de 2003*  
*Elizeth Rezende Martins da Silveira, Fabiane Santana Previtali..... 64*



## ● AGRONOMIA

# ÁCIDO SALICÍLICO E POTENCIAL GERMINATIVO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE PEPINO

Josef Gastl Filho<sup>1</sup>, Leila L. Da S. Bonetti<sup>2</sup>, Rosivaldo da S. Araujo<sup>3</sup>,  
Sávio L. de Santi<sup>1</sup>, Vania A. Nascimento<sup>3</sup>, Muriel S. Vilarinho<sup>4</sup>

**RESUMO:** O ácido salicílico (AS) é um regulador do crescimento que atua sobre determinados processos fisiológicos dos vegetais, entre eles a germinação de sementes, e promove um melhor desenvolvimento das plântulas. Neste estudo, objetivou-se avaliar a influência deste regulador, em diferentes concentrações, na germinação e vigor de sementes de pepino. Os estudos para os testes de germinação foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos (0,0 mM; 0,5 mM; 1,0 mM; 1,5 mM; 2,0 e 3,0 mM) e cinco repetições de 25 sementes para germinação em câmaras BOD à 25 °C, por três dias. O vigor das sementes foi avaliado pelos testes de condutividade elétrica (CE), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio (TMG) e velocidade média (VMG) de germinação de sementes, e matérias fresca e seca. Outras variáveis estudadas foram a porcentagem de germinação, (% G), primeira contagem, teor de água e massa de mil sementes. Na análise de regressão, os resultados obtidos para a germinação apresentaram uma influência negativa sobre o vigor em função do aumento da concentração de AS, isto é expressivo principalmente para a matéria fresca. Os resultados do teste de condutividade elétrica, realizados pré e pós-embebição das sementes, mostraram efeito positivo do AS na reorganização das membranas celulares, o que ressalta a ação deste soluto na indução da velocidade deste processo, com conseqüente melhor controle da deterioração e manutenção do vigor das sementes.

**Palavras-chave:** *Cucumis sativus* L. Vigor de sementes de pepino. Análise de sementes. Tratamento de sementes.

## SALICYLIC ACID AND GERMINATING POTENTIAL IN GERMINATION OF CUCUMBER SEEDS

**ABSTRACT:** Salicylic acid (AS) is a growth regulator that acts on certain physiological processes of plants, among them the germination of seeds, and promotes a better development of the seedlings. In this work, the objective was to evaluate the influence of this regulator, in different concentrations, on the germination and vigor of cucumber seeds. The germination tests were conducted in a completely randomized design with six treatments (0.0 mM, 0.5 mM, 1.0 mM, 1.5 mM, 2.0 and 3.0 mM) and five replications of 25 seeds for germination in BOD chambers at 25 °C for three days. The vigor of the seeds was evaluated by the tests of electrical conductivity (EC), germination speed index (IVG), mean time (TMG) and mean speed (VMG) of seed germination, and fresh and dry matter. Other variables studied were percentage (% G), first count, water content, thousand seed mass. In the regression analysis the results obtained for the germination had a negative influence on the vigor as a function of the increase of the concentration of AS, that is to say mainly for the fresh matter. The results of the electrical conductivity test, performed before and after seed imbibition, showed a positive effect of AS on the reorganization of cell membranes, which highlights the action of this solute in the induction of the speed of this process, with consequent better control of the deterioration and maintenance of the vigor of the seeds.

**Keywords:** *Cucumis sativus* L. Vigor of cucumber seeds. Analysis of seeds. Treatment of seeds.

<sup>1</sup>Graduando em Agronomia pela Universidade do Estado de Minas Gerais, (UEMG). Ituiutaba, MG, Brasil.  
email: josef.gastl@hotmail.com; rosenvaldosilva@gmail.com; saviodesanti@gmail.com

<sup>2</sup>Mestre em Ciências Ambientais, Universidade do Estado de Minas Gerais, (UEMG). Ituiutaba, MG, Brasil. email: lealbonetti@gmail.com

<sup>3</sup>Doutora em Ciências Biológicas. Universidade do Estado de Minas Gerais, (UEMG). Ituiutaba, MG, Brasil. email: nascimento.va@gmail.com

<sup>4</sup>Mestre em Olericultura. Universidade do Estado de Minas Gerais, (UEMG). Ituiutaba, MG, Brasil. email: murielvilarinho@hotmail.com

## INTRODUÇÃO

O pepino (*Cucumis sativus* L.) é uma das principais culturas da família Cucurbitaceae, com uma produção anual brasileira que ultrapassa 200.000 toneladas por ano (CARVALHO et al., 2013). É uma planta de origem asiática e apresenta boa adaptação e produção em ambientes protegidos e no campo. Seu consumo é apreciado no Brasil, principalmente, sob a forma de fruto imaturo, na forma crua em saladas, sopas, conservas e sanduíches (BERTONCELLI et al., 2015). É relativamente rico em fibras, o que o torna importante para o sistema digestivo, apesar de ser composto, aproximadamente, por 95% de água. Possui baixo teor de calorias e contém pequenas quantidades de vitamina C, folato, potássio e vitamina A, contida na casca, e que geralmente não é aproveitada (CARVALHO et al., 2013).

O pepino é uma das hortaliças mais cultivadas sob ambiente protegido no Brasil, sendo que o seu desenvolvimento é favorecido por temperaturas superiores a 20°C (SALATA, 2010).

A velocidade de emergência de pepino e de várias espécies pode ser acelerada pelo uso de reguladores de crescimento e contribuir para o desempenho das plântulas (ARAGÃO et al., 2006), incluindo a germinação de sementes e desenvolvimento de espécies de pepino.

A germinação de sementes envolve uma série de acontecimentos metabólicos e morfogenéticos que promovem a transformação de um embrião em uma plântula (CASTRO; KLUGE; PERES, 2005) e depende de diversos fatores que incluem a integridade física, bioquímica e do estado fisiológico da semente. (PACHECO et al., 2007).

Atualmente, a utilização de reguladores de crescimento e nutrientes, que apresentam ação direta na germinação e no desenvolvimento das sementes, entre eles o Ácido Salicílico (AS), tem potencializado o aumento da produtividade em culturas como algodão, arroz, feijão, milho e soja, embora não seja prática rotineira entre produtores de culturas de alto nível tecnológico (SILVA, 2012).

A literatura que trata sobre a aplicação do AS e de seus efeitos na germinação e vigor de sementes de pepino ainda é escassa.

O ácido salicílico, que compõe uma nova classe de substâncias de crescimento em plantas, é um composto fenólico com ação reguladora em diversos processos fisiológicos na planta. Entre estes, a inibição da germinação de sementes, fotossíntese, metabolismo de nitrato, produção de etileno, produção de calor e florescimento, e aumento da vida útil da flor, e apresenta-se como um potente agente antioxidante enzimático, relacionado à ativação de respostas de defesa no vegetal sob condições de estresse (NOOREN et al., 2009).

O ácido salicílico se encontra amplamente distribuído na planta, como nas folhas e estruturas reprodutivas, nas quais participa como regulador de crescimento, desenvolvimento, amadurecimento e senescência (PACHECO et al., 2007).

Técnicas analíticas modernas têm possibilitado aos pesquisadores confirmarem a presença do AS em vegetais (BAARDSETH & RUSSWURM Jr., 1978). A distribuição desse ácido a níveis acima de 1,0 g g<sup>-1</sup> de matéria fresca foi confirmada por meio de minuciosa análise em folhas e estruturas reprodutivas de 34 espécies importantes economicamente, entre elas soja, arroz e cevada (RASKIN et al., 1990).

O tratamento de sementes com reguladores de crescimento, principalmente o AS, sintetizado a partir da L-fenilalanina, é uma alternativa promissora ao setor de sementes por tratar-se de um importante indutor de resistência à doenças e pragas, que representa uma das várias formas de combate ao estresse em plantas, com aplicação exógena ou através de estímulo à síntese endógena, além de atuar significativamente na qualidade e no rendimento de sementes (SILVA, 2012).

Desta forma, objetivou-se avaliar a influência do ácido salicílico (AS) na germinação e vigor de sementes de Pepino (*Cucumis sativus* L.).

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes da Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade Ituiutaba, pelo período de outubro a dezembro de 2016. A cultivar utilizada neste experimento foi Aodai, cujas sementes foram adquiridas em casa agropecuária.

Para o teste de germinação o delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com seis tratamentos, variando apenas a concentração de ácido salicílico. Fez-se cinco repetições com vinte e cinco sementes, sendo estas semeadas em caixas plásticas gerbox. Os tratamentos foram constituídos da embebição das sementes em soluções de ácido salicílico (AS), pelo período de 8 horas, nas concentrações: 0 mM; 0,5 mM; 1,0 mM; 1,5 mM; 2,0 mM e 3,0 mM. No preparo das soluções foram acrescentadas algumas gotas de etanol 96°GL até a completa solubilização do AS em meio aquoso.

As sementes foram semeadas sobre papel germitest umedecido com água destilada na quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco, mantidos em BOD a 25°C por 3 dias, com luz constante. A duração do experimento foi de apenas três dias, devido à germinação de todas as unidades experimentais. Os parâmetros mensurados foram: índice de velocidade (IVG), porcentagem (% G), primeira contagem, tempo médio (TMG) e velocidade média de germinação (VMG), e matérias fresca e seca, de acordo com metodologia indicada pelas Regras para Análise de Sementes - RAS (BRASIL, 2009).

Outros parâmetros avaliados consistiram da estimativa da massa de mil sementes, expressa em gramas, na qual foram utilizadas oito repetições de 100 sementes, pesadas em balança de precisão 0,001g, em conformidade com as RAS (BRASIL, 2009). Na avaliação do teor de água foram utilizadas três repetições

de 100 sementes, as quais foram secadas em estufa pelo período de 24 horas a uma temperatura de  $105\pm 3^{\circ}\text{C}$ , em conformidade com as RAS (BRASIL, 2009).

O vigor das sementes foi avaliado pelo teste de condutividade elétrica (CE), utilizando-se quatro repetições de 50 sementes, embebidas por 8 horas em copos de plástico contendo 75 mL de água destilada (ABDO et al., 2005). As leituras foram realizadas utilizando-se um condutímetro DIGIMED, modelo CD 21, com eletrodo de constante 1,0. Os resultados foram expressos em "micro Siemens por centímetro por grama" ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ).

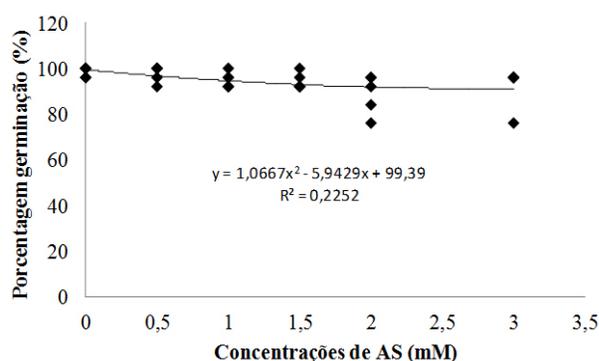
Fizemos leituras da condutividade elétrica das soluções de AS, pré e pós-embebição, sendo realizadas quatro repetições para cada tratamento com e sem sementes, de modo a permitir a avaliação dos efeitos gerados pela presença das sementes no meio.

Todas as variáveis supracitadas foram analisadas estatisticamente e as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). As variáveis de IVG, % G, TMG, VMG, matéria fresca e seca ainda foram submetidas à análise de regressão, através do software Assistat 7.7.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o teste de germinação, as concentrações de AS utilizadas influenciaram negativamente os valores das variáveis, principalmente a massa de matéria fresca. A porcentagem de germinação de sementes de pepino foi reduzida gradualmente, como é observado na Figura 1, a medida que se aumentava a concentração do AS.

**Figura 1.** Porcentagem de germinação (%G) de sementes de pepino Aodai.



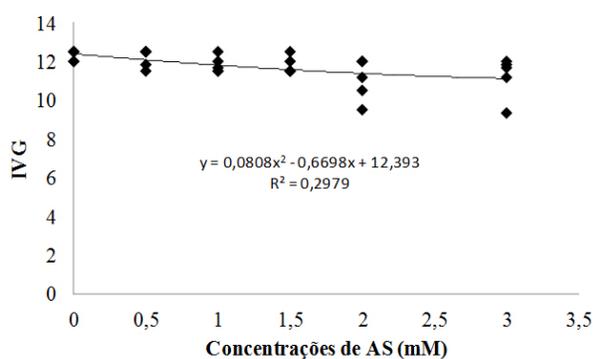
**Fonte:** Dados do autor.

Maia et al. (2000) observaram que a germinação de sementes de soja não foi afetada significativamente pela presença do AS. Resultados encontrados por Pacheco et al. (2007) mostram que concentrações de 0,025 e 0,05 mM de AS favoreceram, mas não sincronizaram a germinação de sementes de calêndula. Entretanto, também verificaram que concentrações superiores a 0,1 mM prejudicam a germinação de camomila e de calêndula, e inibem o vigor das sementes de camomila em concentrações iguais ou superiores a 0,2 mM. Silva et al., (2012) observaram que sementes de melancia embebidas em AS germinaram mais rapidamente, em-

bora em menor porcentagem que aquelas semeadas diretamente em substrato umedecido com soluções do regulador. Carvalho et al., (2007) verificaram sincronismo na germinação de calêndula nas doses de 0,025 e 0,05 mL de AS, e concluem que, na dose de 0,025 mM e em condições ideais e sob efeito de estresse hídrico e térmico a  $35^{\circ}\text{C}$ , o AS interfere positivamente no percentual de germinação e no índice de velocidade de germinação de sementes de calêndula. Bertoncelli et al. (2015) observaram que não houve efeito inibitório no processo de germinação de sementes de pepino, embora ressaltem que o produto não deva ser usado ilimitadamente como indutor de resistência no tratamento dessas sementes.

De acordo com a Figura 2, o IVG foi influenciado negativamente em função do aumento da concentração de AS. Estes resultados diferem dos obtidos por Carvalho et al., (2007) para sementes de calêndula. Eles observaram diferença significativa para os índices de velocidade de germinação, com valores maiores entre as concentrações 0,025 e 0,05 mM, mostrando a diminuição da velocidade da germinação das sementes a partir dessas doses de AS.

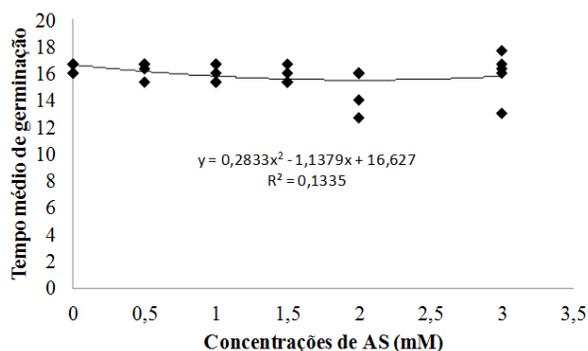
**Figura 2.** Índice de velocidade de germinação de sementes (IVG) de pepino Aodai.



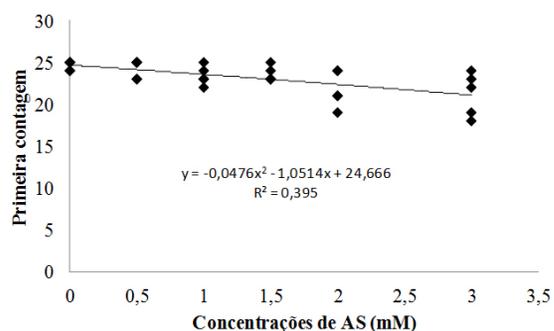
**Fonte:** Dados do autor.

Como se é observado na Figura 3 e 4, a concentração do AS foi fator influenciador sobre o TMG e a primeira contagem que foi realizada ao terceiro dia devido ao fato de todas as plantas já terem germinado, quando se compara os resultados da testemunha (0,0 mM) e demais tratamentos.

**Figura 3.** Tempo médio de germinação (TMG) de sementes de pepino Aodai.



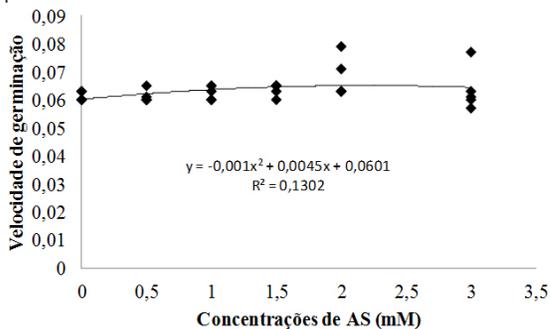
**Fonte:** Dados do autor.

**Figura 4.** Primeira contagem de sementes de pepino Aodai.

**Fonte:** Dados do autor.

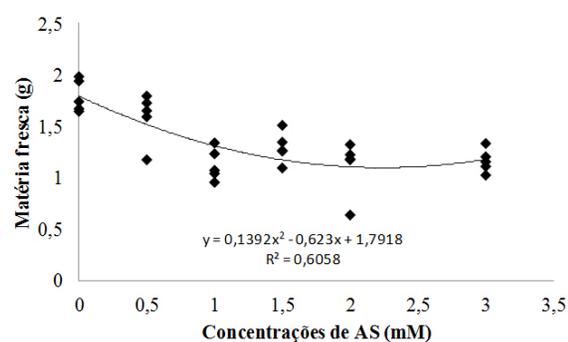
Verifica-se a gradual redução no tempo médio e o número de germinações, conforme aumento da concentração de AS. No entanto, em TMG a partir do tratamento de 2,0 mM, este volta a crescer, sugerindo que doses maiores que 2,0 mM de AS possam ser benéficas. Carvalho et al. (2007), em sementes de calêndula, obtiveram resultados semelhantes para os testes de germinação e primeira contagem, que apresentaram tendências similares, talvez devido ao fato de o tempo não ter sido hábil para resposta da plântula à ação do AS. Entretanto, sob hipótese de indução de resistência sistêmica adquirida, observam que a germinação foi significativa, pois é realizada aos 21 dias e oportuniza tempo para que as plântulas tenham ativação do sistema pela ação do AS.

Para a VMG o aumento da concentração de AS proporcionou o aumento da velocidade, no entanto, acima da concentração 2,0 mM é observado o início de uma tendência negativa, indicando que hipoteticamente valores acima deste podem prejudicar este parâmetro (Figura 5). No entanto, para o IVG houve redução gradual em relação à testemunha (0,0 mM), conforme se aumentava a concentração de AS. Pacheco et al. (2007) corroboram com estes resultados, os quais aplicaram AS em sementes de camomila e de calêndula, e observaram que concentrações superiores a 0,1 mM foram prejudiciais à germinação. Silva et al., (2012), para sementes de melancia, obtiveram resultados diferentes quando utilizaram AS na embebição das sementes e constataram que a germinação foi mais rápida, evidenciada pela maior velocidade média de germinação, maior índice de velocidade de germinação e menor tempo médio, embora a germinação tenha sido inferior.

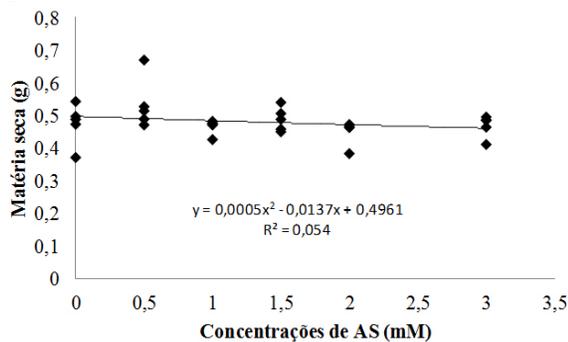
**Figura 5.** Velocidade de germinação (VMG) de sementes de pepino Aodai.

**Fonte:** Dados do autor.

A matéria fresca foi afetada negativamente pelo aumento da concentração de AS, conforme é observado na Figura 6. É observado que até a concentração 2,0 mM ocorre decréscimo acentuado na matéria fresca, e esta torna a estabilizar e a crescer a partir desta concentração. A matéria seca, de acordo com a Figura 7, encontra-se estabilizada tendendo à negatividade. De acordo com resultados obtidos por Maia et al. (2000), para soja, o peso da matéria verde sofre incremento, porém o peso da matéria seca da parte aérea e das raízes, nas doses 50 e 100 mg kg<sup>-1</sup> é reduzido por ação do AS. Silva et al., (2012) afirmam que o comprimento da parte aérea das plântulas de melancia não foi influenciado pelas concentrações de AS quando as sementes foram pré-embebidas. Revelam, porém, que o substrato umedecido nas soluções com as concentrações de 0; 0,5 e 25 μM estimulou o desenvolvimento da parte aérea das plântulas quando comparado com o método das sementes embebidas por 8h em AS. Carvalho et al. (2007), para sementes de calêndula, observaram que os tratamentos com diferentes doses de ácido salicílico (AS) e em condições ideais de temperatura e teor de água não apresenta diferenças significativas no tocante à massa seca da raiz das plântulas. Todavia, a massa seca da parte aérea das sementes tratadas com AS apresentaram decréscimo nos valores deste parâmetro. Resultados divergentes com alterações não estatisticamente significativas para matéria fresca foram obtidos por Vilarinho et al., (2010), para milho, e por Bertonecelli et al. (2015), para pepino, que considerou positivo não haver dano fitotóxico às plântulas e nem perda metabólica por desvio de rota para defesa vegetal.

**Figura 6.** Matéria fresca de plântulas de pepino Aodai.

**Fonte:** Dados do autor.

**Figura 7.** Matéria seca de plântulas de pepino Aodai.

**Fonte:** Dados do autor.

Verificou-se um valor médio de 7,5 % para o teor de água das sementes (Tabela 1). Lima et al., 2011, encontrou valores similares para cultivares de pepino, com teor de água inicial das sementes variando entre 6,9 e 7,8 %. Tais porcentagens estão inclusas nos limites toleráveis para avaliação do potencial fisiológico das sementes durante a condução dos testes e obtenção de resultados consistentes (MARCOS-FILHO, 2005; TEKRONY, 2003). Abdo et al. (2005) verificaram teores de água em sementes de pepino híbrido Safira entre 8,6 % à 10,5 %.

**Tabela 1** - Valores médios para teor de água, massa de mil sementes e condutividade elétrica de sementes de pepino Aodai (*Cucumis sativus* L.).

Variável	Sementes		
	Teor de água (%)	Massa mil sementes (g)	Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ )
Média	7,500	21,888	12,353
Desvio Padrão	0,040	0,635	0,385
CV <sup>1</sup> (%)	0,53	2,90	3,11

<sup>1</sup>Coeficiente de variação.

Para a CE ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ), realizada após embebição por 8 horas, foi verificado um valor de 12,353  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$  (Tabela 2). Resultado semelhante foi obtido por Abdo et al. (2005) para um período de 12 horas de embebição em 75 mL de água destilada, em que averiguaram valores para CE para diferentes lotes de pepino de híbrido de Safira entre 7,9 à 15,6  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ . A massa de mil sementes obtida foi de 21,888 g.

**Tabela 2** - Valores médios para condutividade elétrica de soluções de ácido salicílico pré e pós-embebição em sementes de pepino Aodai (*Cucumis sativus* L.).

Concentração	Solução de ácido salicílico	
	Pré-embebição	Pós-embebição
0,0 mM	0,160 Eb	12,353 Fa
0,5 mM	117,850 Da	81,625 Eb
1,0 mM	187,650 Ca	144,400 Db
1,5 mM	197,450 Ca	176,000 Cb
2,0 mM	237,850 Ba	220,875 Bb
3,0 mM	285,85 Aa	279,375 Aa
Médias	171,135	152,437
CV <sup>1</sup> (%)	6,74	3,88

<sup>1</sup>Coeficiente de variação. \*Médias com letras maiúsculas na mesma coluna ou letras minúsculas na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Constatou-se, por meio da relação entre a solução de AS antes e após a embebição das sementes, a incorporação do AS presente na solução para o interior da semente. O AS atuou como inibidor da lixiviação do material existente no interior das sementes. De acordo com Silveira et al., (2000), o AS, em determinadas concentrações como as utilizadas no presente estudo, ao afetar positivamente a velocidade de reorganização das membranas celulares impede a lixiviação de sais minerais, açúcares, proteínas e outros componentes das sementes e resulta em sementes

com mais vigor. Este fato pode ser comprovado se observada a relação da testemunha (0,0 mM) pré e pós-embebição das sementes, na qual se verifica a lixiviação de material das sementes de pepino para o meio, em detrimento da ausência do AS no meio. Tonel et al. (2013) constataram que o crescimento inicial de milho (*Zea mays*) foi prejudicado com o aumento das concentrações salinas, enquanto a CE apresentou menor lixiviação de solutos na presença do AS.

Na CE, houve diferença significativa quando comparados os resultados obtidos entre os períodos pré e pós-embebição (Tabela 2), exceto para a concentração de 3,0 mM ( $p > 0,05$ ), em que não houve perda significativa de exsudatos pelas sementes submetidas à embebição. Na concentração de 0 mM, pós-embebição, vê-se nitidamente a perda de solutos da semente, enquanto que nas concentrações acima de 0,5 mM percebe-se ação efetiva do AS contra essa perda, reduzindo seu efeito na concentração de 3,0 mM. Possivelmente, acima da concentração 3,0 mM o AS deixe de influenciar na reorganização das membranas celulares e passe a ter efeito deletério para as células, o que também é observado nos resultados obtidos por Vilarinho et al., (2010), para sementes de milho, que ao utilizarem concentrações mais elevadas de AS verificaram o aumento da permeabilidade, com consequente lixiviação de solutos para o meio. Silveira et al. (2000), para sementes de arroz, obtiveram resultados semelhantes, com efeito positivo do AS nas concentrações zero; 0,1 e 1,0  $\mu\text{M}$  que impediram a lixiviação de solutos das sementes. Já nas concentrações de 10 e 20  $\mu\text{M}$ , verificaram que em todos os testes realizados, que o AS teve ação fitotóxica para as células.

## CONCLUSÕES

O ácido salicílico influenciou negativamente na germinação de sementes de pepino, com visível redução gradativa da porcentagem de germinação conforme se aumentou a concentração de AS. Concentrações superiores a 3,0 mM de AS influenciam negativamente na reorganização das membranas celulares das sementes, afetando o vigor das sementes.

## REFERÊNCIAS

- ABDO, M. T. V. N.; PIMENTA, R. S.; PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R. D. Testes de vigor para avaliação de sementes de pepino. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 27, n. 1, jun. 2005.
- ARAGÃO, C. A; DEON, M. D.; QUEIRÓZ, M. A.; DANTAS, B. F. Germinação e vigor de sementes de melancia com diferentes ploidias submetidas a tratamentos pré-germinativos. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 3, p.82-86, 2006.
- BAARDSETH, P.; RUSSWURM Jr., H. Content of some organic acids. In: cloudberry (*Rubus chamaemorus* L.). **Food Chemistry**, Weybridge, v.3, n.1, p.43-46, 1978.

- BERTONCELLI, D. J.; MAZARO, S. M.; ROCHA, R. C. D. S.; POSSENTI, J. C.; REY, M. S.; ZORZZI, I. C. Ácido salicílico na indução de resistência a doenças em pepino e controle de *Pythium* sp. in vitro. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 14, n. 2, p.124-131, mar. 2015.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.
- CARVALHO, A. D. F.; AMARO, G. B.; LOPES, J. F.; VILELA, N. J.; MICHEREFF FILHO, M. ; ANDRADE, R. A cultura do pepino. **Circular Técnica**, Brasília, p.1-18, mar. 2013.
- CARVALHO, P. R.; MACHADO NETO, N. B.; CUSTÓDIO, C. C. Ácido salicílico em sementes de calêndula (*Calendula officinalis* L.) sob diferentes estresses. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p.114-124, 2007.
- CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A.; PERES, L. E. P. **Manual de Fisiologia Vegetal**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 2005. p. 49.
- LIMA, L. B.; MARCOS-FILHO, J. Procedimentos para condução de testes de vigor baseados na tolerância ao estresse térmico em sementes de pepino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 1 p. 045-053, 2011.
- MAIA, F. C.; MORAES, D. M. de; MORAES, R. C. P. de. Ácido salicílico: efeito na qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 1, p.264-270, 2000.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495p.
- NOREEN, S.; ASHRAF, M.; HUSSAIN, M.; JAMIL, A. Exogenous application of salicylic acid enhances antioxidative capacity in salt stressed sunflower (*Helianthus annuus* L.) plants. **Pakistan Journal of Botany**, v. 41, n.1, p. 473-479, 2009.
- PACHECO, A. C.; CUSTÓDIO, C. C.; MACHADO NETO, N. B.; CARVALHO, P. R.; PEREIRA, D. N.; PACHECO, J. G. E. Germinação de sementes de camomila [*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert] e calêndula (*Calendula officinalis* L.) tratadas com ácido salicílico. **Rev. Bras. Pl. Med.**, Botucatu, v. 9, n. 1, p.61-67, mar. 2007.
- RASKIN, I.; SKUBATZ, H.; TANG, W. & MEEUSE, B. J. D. Salicylic acid levels in thermogenic and nonthermogenic plants. **Annual of Botany**, New York, v.66, n.1, p. 376-378, 1990.
- SALATA, A. da C.. **Produção e nutrição de pepino enxertado e não enxertado em ambiente com Nematoides-das-galhas**. 2010. 60 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2010.
- SILVA, T. C. F. S.; MATIAS, J. R.; RAMOS, D. L. D.; ARAGÃO, C. A.; DANTAS, B. F. Uso de diferentes concentrações de ácido salicílico na germinação de sementes de melancia Crimson Sweet. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2, p.7679-7685, jul. 2012.
- SILVEIRA, M. A. M.; MORAES, D. M.; LOPES, N. F. Germinação e vigor de sementes de Arroz (*Oryza Sativa* L.) tratadas com Ácido salicílico. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 2, p.145-152, nov. 2000.
- TEKRONY, D.M. Precision is an essential component in seed vigour testing. **Seed Science and Technology**, v.31, p.435-447, 2003.
- TONEL, F. R.; MARINI, P.; BANDEIRA, J. M.; MORAES, D. M.; AMARANTE, L. Salicylic acid: physiological and biochemical changes in seeds and maize seedlings subjected to salt stress. **Journal Of Seed Science**, v. 35, n. 4, p.457-465, ago. 2013.
- VILARINHO, M.; FAGIOLI, M.; VINHAL-FREITAS, I. C.; SANTOS, A. S. Aplicação de **Ácido Salicílico no desenvolvimento inicial de plântulas de milho**. XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2010, Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo. CD-Rom.

## ● AGRONOMIA

# LÂMINA ÓTIMA ECONÔMICA PARA O TOMATEIRO IRRIGADO CV. ANDRÉA EM AMBIENTE PROTEGIDO

Taynara Tuany Borges Valeriano<sup>1</sup>, Márcio José Santana<sup>2</sup>, Stefany Silva de Souza<sup>3</sup>,  
Uander da Costa Pereira<sup>4</sup>, Talita Melo Campos<sup>5</sup>

**RESUMO:** A cultura do tomate representa um dos maiores mercados agrícola brasileiro, sendo uma cultura exigente em tratamentos culturais adequados, principalmente aqueles voltados para a prática de irrigação. Neste trabalho, teve-se como objetivo avaliar o rendimento do tomate de mesa híbrido Andréa, as reposições da água de irrigação, a partir da determinação de lâminas ótimas (física e econômica). Os tratamentos constaram de cinco reposições de água no solo (70%, 100%, 130%, 160% e 190% da lâmina necessária para elevar a umidade à capacidade de campo). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. Foram determinadas a produtividade da cultura e as lâminas ótimas, física e econômica. As lâminas ótimas, física e econômica foram de 581,4 mm e 415 mm, apresentando produtividades de 72,64 t ha<sup>-1</sup> e 61,8 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

**Palavras-chave:** *Solanum lycopersicum*. Casa de vegetação. Viabilidade econômica.

# ECONOMIC OPTIMAL BLADE FOR IRRIGATED TOMATO CV. ANDRÉA IN PROTECTED ENVIRONMENT

**ABSTRACT:** Tomato cultivation represents one of the largest Brazilian agricultural markets, being a demanding crop in suitable cultural treatments, especially those focused on the practice of irrigation. The objective of this study was to assess the yield of the hybrid tomato Andréa, of irrigation water replenishment, from the determination of optimal slides (physical and economic). The treatments consisted of five replenishments of soil water (70%, 100%, 130%, 160% and 190% of the blade needed to raise the humidity to the field capacity). The experimental design was completely randomized, with four replications. The yield of the crop and the optimal blades, physical and economic, were determined. The best physical and economical slides were 581.4 mm and 415 mm, presenting yields of 72.64 t ha<sup>-1</sup> and 61.8 t ha<sup>-1</sup>, respectively.

**Keywords:** *Solanum lycopersicum*. Greenhouse. Economic viability.

<sup>1</sup>Doutoranda em Produção Vegetal. Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal, SP, Brasil. [taynarabvaleriano@gmail.com](mailto:taynarabvaleriano@gmail.com);

<sup>2</sup>Professor Dr. Em Irrigação e Drenagem. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Triângulo Mineiro - IFTM, Uberaba, MG, Brasil. [marciosantana@iftm.edu.br](mailto:marciosantana@iftm.edu.br);

<sup>3</sup>Doutoranda em Produção Vegetal. Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal, SP, Brasil. [stefany\\_souzakz@hotmail.com](mailto:stefany_souzakz@hotmail.com);

<sup>4</sup>Doutorando em Produção Vegetal. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Triângulo Mineiro - IFTM, Uberaba, MG, Brasil. [uanderdelterere@hotmail.com](mailto:uanderdelterere@hotmail.com);

<sup>5</sup>Engenheira Agrônoma. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Triângulo Mineiro - IFTM, Uberaba, MG, Brasil.

## INTRODUÇÃO

O cultivo do tomate é destaque na economia brasileira, não só pelo valor econômico, mas também por ser uma atividade geradora de grande número de empregos (SOUZA *et al.*, 2010). De acordo com Thebaldi *et al.* (2013), a cultura do tomateiro representa um dos maiores mercados agrícolas brasileiros, ocupando área plantada de 58.000 hectares, dos quais 40.000 hectares são de tomate fresco e 18.000 hectares de tomate destinado ao processamento. De acordo com Camargo Filho e Camargo (2017), a produção mundial de tomate obteve uma expansão de 45,5%, entre 1991 a 2012, sendo que no Brasil o tomate de mesa contribuiu, 45,8% de área cultivada e 54,2% de produtividade, nesta expansão. Minas Gerais é um dos maiores estados produtores de tomate de mesa totalizando 167698 toneladas. O Triângulo Mineiro junto com a região do Alto Paranaíba são responsáveis pela terceira maior produção do estado, 28629 toneladas (IBGE, 2016).

Para a obtenção de maior produtividade e manutenção da qualidade do produto ao final do ciclo, adota-se o cultivo em ambiente protegido (REIS *et al.*, 2009). O cultivo em ambiente protegido no Brasil vem desenvolvendo devido à maior proteção quanto aos fenômenos climáticos, como: geadas, excesso de chuvas, diminuição da temperatura noturna, proteção do solo contra a lixiviação e redução dos custos com fertilizantes e defensivos, enquanto as colheitas nesses ambientes excedem as que se obtêm a céu aberto (OLIVEIRA, 1995; FAYAD *et al.*, 2001; CUNHA *et al.*, 2002; CARRIJO *et al.*, 2004; REIS *et al.*, 2009).

O tomateiro (*Solanum lycopersicum*) é uma solanácea herbácea, com caule flexível, e na forma natural lembra uma moita, com abundante ramificação lateral, sendo profundamente modificada pela poda. Nessa cultura, mais de 60% das raízes localizam-se nos primeiros 10 cm do perfil do solo, portanto, é uma cultura exigente em tratamentos culturais, dentre os quais se destaca a irrigação (FILGUEIRA, 2008).

A irrigação exerce forte influência na produção e qualidade dos frutos, além de reduzir a incidência de anomalias fisiológicas (FILGUEIRA, 2008). De acordo com Reis *et al.* (2009), a água é o fator mais importante a ser considerado para maximizar a produção e melhorar a qualidade dos produtos agrícolas. Entretanto, o manejo inadequado do sistema de irrigação e da cultura pode inviabilizar o processo de produção (VALERIANO *et al.*, 2016). Portanto, a eficiência do sistema consiste em oferecer a quantidade certa no momento adequado requerido pela planta.

Durante o ciclo produtivo dos cultivos, as exigências hídricas variam conforme o estágio fenológico. Alvarenga (2004) menciona que, na fase de germinação, as sementes do tomateiro são pouco exigentes em umidade, bastando a umidade estar um pouco acima do ponto de murcha permanente para ocorrer à germinação. Entretanto, nas fases de desenvolvimento e produção, a cultura torna-se bastante exigente em água.

De acordo com Marouelli *et al.* (2011), existe uma estreita relação entre o aparecimento e o desenvolvimento de algumas doenças no tomateiro e a forma com que a água é aplicada às plantas, portanto, o sistema de irrigação por gotejamento minimiza a incidência de várias doenças bacterianas foliares em tomateiro, por não molhar a parte aérea das plantas, além proporcionar ainda uma economia de água e melhor qualidade dos frutos (MAROUELLI; SILVA, 2006).

Um manejo eficiente da irrigação requer informações relacionadas às necessidades de águas das culturas e da função de produção das culturas à água. O uso das funções de resposta permite encontrar soluções úteis na otimização do uso da água e dos fertilizantes, obtendo-se o máximo do produto com determinado custo de produção (CASTRO *et al.*, 2007).

As pesquisas que envolvem fatores como lâmina de água e fertilizantes, apontam recomendações vistas à produtividade física máxima. De forma geral não levam em conta o aspecto econômico, fator este que deve ser considerado, pois o ótimo econômico nem sempre corresponde à máxima produtividade física.

Um manejo eficiente da irrigação requer informações relacionadas às necessidades de águas das culturas e da função de produção das culturas à água. O uso das funções de resposta permite encontrar soluções úteis na otimização do uso da água e dos fertilizantes, obtendo-se o máximo do produto com determinado custo de produção (CASTRO *et al.*, 2007).

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho determinar as lâminas ótimas, física e econômica, no cultivo do tomateiro de mesa cv. Andréa irrigado em ambiente protegido.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação modelo arco em Uberaba, MG. A mesma se localiza a 800m de altitude, nas coordenadas de 19° 39' 19"S de latitude e 47° 57' 27"W de longitude.

Foi realizada a classificação do clima, conforme Thornthwaite (1948), sendo o clima do tipo B'1rB'4a', úmido, sem ou com pequena deficiência hídrica, megatérmico e com evapotranspiração relativa inferior a 48 mm. Com precipitação anual de 1476 mm e temperatura média de 21,9 °C, o solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2013).

As equações de ajuste das curvas características de retenção de água no solo para as camadas de 0-20 cm e 20-40 cm de profundidade, segundo modelo de Genuchten (1980), foram obtidas de acordo com Dourado Neto *et al.* (1995), (Tabela 1). Com o auxílio do software SWRC versão 3.0 (Soil Water Retention Curve), foram obtidos os parâmetros de ajuste das equações. A obtenção da curva de água no solo foi realizada em amostras indeformadas no Laboratório de Relação Solo-Plantado Departamento de Engenharia da UFPA, em Lavras, MG.

A densidade média do solo para as camadas de 0-20 cm e 20-40 cm foi obtida através do cilindro volumétrico tipo Uhlund, cujos valores foram 1,1 g cm<sup>-3</sup> e 1,01 g cm<sup>-3</sup>, respectivamente.

**Tabela 1.** Resultados da caracterização hídrica do solo da área experimental.

Camada(cm)	Equação	R2
0 – 20	$\theta = \frac{0,46}{[1 + (1,4 * \psi_m)^{4,707}]^{0,116}} + 0,078$	0,925
20 – 40	$\theta = \frac{0,375}{[1 + (0,985 * \psi_m)^{6,917}]^{0,127}} + 0,238$	0,958

$\theta$ =umidade volumétrica (cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>);  $\psi_m$ =potencial matricial (kPa)

A cultivar utilizada foi o híbrido Andréa, com resistência aos fungos dos gêneros *Fusarium* (raças 1 e 2) e *Verticillium*, com hábito de crescimento indeterminado, considerado de longa-vida estrutural, com ciclo produtivo de aproximadamente 180 dias e com o peso dos frutos variando de 120 a 140 g (ALVARENGA, 2004; CARVALHO; TESSARIOLI NETO, 2005).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições (canteiros) e cinco tratamentos com base na tensão de água no solo (70%, 100%, 130%, 160% e 190% da lâmina necessária para elevar, diariamente, a umidade do solo à capacidade de campo) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Lâminas de água aplicadas nos diferentes tratamentos.

Tratamentos	Lâminas aplicadas (mm)
70%	372
100%	478
130%	584
160%	693
190%	802

Cada parcela experimental foi constituída por duas linhas de plantio com 14 plantas. As plantas localizadas no centro da parcela, quatro delas foram consideradas como parcela útil. O espaçamento utilizado foi de 0,75 x 1,0 m e a cultura tutorada em sistema de cerca cruzada.

A semeadura foi realizada em bandejas de isopor e, 35 dias após, as mudas foram transplantadas para local definitivo. A adubação seguiu recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999) com seis coberturas, aplicação de potássio e nitrogênio. Os demais tratamentos culturais seguiram recomendações de Filgueira (2008).

Foi instalada uma bateria de tensiômetros em três parcelas do tratamento 100% em duas profundidades (0,10 e 0,30 m). Para aplicação dos tratamentos, foi adotado um sistema de irrigação por gotejamento, sendo emissores do tipo integrado inseridos no tubo no momento da extrusão e distanciados entre si de 0,75 m, equivalente a um emissor por planta. As leituras dos tensiômetros foram realizadas com um tensiômetro

de punção. Obtida a tensão média no tratamento considerado 100%, as lâminas dos demais tratamentos foram obtidas por meio da relação direta.

Com as tensões observadas, foram calculadas as umidades correspondentes, a partir da curva característica. De posse dessas umidades e com a correspondente à capacidade de campo e, considerando a profundidade efetivado sistema radicular de 0,3 m, foram calculadas as lâminas de reposição (Equações 1, 2 e 3).

$$L = (\theta_{cc} - \theta_{atual}) * z \quad (1)$$

$$LB = \frac{LL}{(1 - k) * CU} \quad (2)$$

$$LB_{média} = LM_{média 10cm} + LB_{média 30cm} \quad (3)$$

$$k = 1 - Ea \quad (4)$$

$$k = LR = \frac{CEa}{(2 * CEe - CEa)} \quad (5)$$

$$T = \frac{LB_{média} * A}{e * qa} \quad (6)$$

em que:

LL = lâmina líquida de irrigação em cada subcamada (mm);

$\theta_{cc}$  = umidade na capacidade de campo (cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>);

$\theta_{atual}$  = umidade no momento de irrigar (cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>);

z = profundidade do sistema radicular;

LB = lâmina bruta de irrigação (mm);

k = constante que leva em consideração a salinização do solo, bem como a eficiência de aplicação do sistema; Ea = eficiência de aplicação de água do sistema de irrigação (0,90);

LR = lâmina necessária para lavagem do solo;

CEa = condutividade elétrica da água de irrigação (dS m<sup>-1</sup>);

CEe = condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (dS m<sup>-1</sup>);

CU = coeficiente de uniformidade;

LB<sub>média10cm</sub> = lâmina obtida pela média das leituras dos sensores instalados a 0,10 m;

LB<sub>média30cm</sub> = lâmina obtida pela média das leituras dos sensores instalados a 0,30 m;

T = tempo de funcionamento do sistema de irrigação em cada tratamento;

A = área ocupada por planta (m<sup>2</sup>);

e = número de emissores por planta; e,

qa = vazão média dos emissores (L h<sup>-1</sup>).

Após atingirem o ponto de colheita, os frutos foram pesados e classificados, conforme Alvarenga (2004), gerando os valores médios de produtividade. Essa variável foi submetida à análise de variância, sendo os efeitos dos tratamentos estudados por meio de análise de regressão.

O modelo utilizado para o ajuste da função de produção foi um polinômio do segundo grau, conforme Equação 7:

$$y = f(w) = a + bw + cw^2 \quad (7)$$

em que:

y = produtividade (t ha<sup>-1</sup>);

w = lâmina total de água aplicada (mm); e,

a, b e c = parâmetros da equação.

Para a abordagem econômica da irrigação em um determinado sistema de produção, Peri *et al.* (1979), citados por Frizzone (1986), introduziram o conceito de lâmina ótima econômica, correspondente à máxima receita líquida obtida.

$$L(W) = Py \cdot y - Pw \cdot W - C \quad (8)$$

em que:

L (W) = lucro (R\$ ha<sup>-1</sup>);

Py = preço do tomate (R\$ kg<sup>-1</sup>);

Pw = preço do fator água (R\$ mm<sup>-1</sup>);

W = lâmina total de água aplicada (mm);

Y= produtividade do tomate (kg ha<sup>-1</sup>); e,

C = custo dos fatores mantidos constantes no experimento (R\$)

O fator Py representou o preço médio (R\$ 1,90 por kg) do tomate italiano no mês de setembro de 2014, no comércio do Triângulo Mineiro, microrregião do Estado de Minas Gerais, onde se localiza o município de Uberaba, MG. Enquanto o Pw representou o custo do volume unitário de água, acrescido do custo de energia utilizada no bombeamento, da depreciação do sistema de irrigação e dos custos de operação e manutenção desse sistema, conforme menciona Pereira (2005).

Para a composição do custo da irrigação a ser empregado na análise econômica, tomou-se por base o sistema de gotejamento por expressar a realidade dos produtores da região, com o custo estimado de R\$ 5.000,00 ha<sup>-1</sup>. O valor residual foi estimado em 20% do valor da aquisição, segundo Pereira (2005), o que equivale a R\$ 1.000,00.

A depreciação do sistema foi calculada conforme a Equação 9:

$$Dp = \frac{(Vc - Vr)}{Vu} \quad (9)$$

em que:

Dp= depreciação do sistema (R\$);

Vc= valor de compra do sistema (R\$);

Vr= valor residual do sistema (R\$); e,

Vu= vida útil do sistema (anos).

Brasil (1987) relata que a manutenção e a operação do sistema equivalem a 2% do valor de aquisição, o que representa R\$ 50,00 (dois ciclos produtivos por ano) por ciclo.

O custo da energia para bombeamento varia de acordo com a classe de consumidor e tipo de contrato. Considerou-se no presente trabalho, a classe consumo rural normal e o grupo de tensão B. Foram considerados o consumo e a demanda de energia (kWh) e o custo final de energia (R\$) que foi calculado com as Equações 10 e 11, sugeridas por Carvalho e Reis (2000).

$$C = 2,64 + 0,8.P \quad (10)$$

$$CustoFinal = \frac{T.NH}{0,82} \quad (11)$$

em que:

C= consumo de energia;

P = Potência em cv (considerado um conjunto motobomba de 10 cv)

T= tarifa de consumo em R\$ kW h<sup>-1</sup>; e,

NH= número de horas de irrigação (5 horas diárias e 120 dias que é o ciclo do tomate).

Para o cálculo da energia de bombeamento, utilizou-se a lâmina aplicada no tratamento 100%. O valor da tarifação para o mês de setembro de 2014 foi de R\$ 0,25272 kW h<sup>-1</sup>.

Substituindo todos os valores citados anteriormente nas Equações 10 e 11, obteve-se o valor do custo da lâmina de R\$ 0,3165 mm<sup>-1</sup>. Não foi considerado o custo para o volume de água utilizado, sendo a captação considerada pública ou de uso do produtor.

Considerando que o lucro é máximo quando a primeira derivada do rendimento em relação à lâmina total de água for igual à relação entre fator e produto, tem-se nas equações:

$$\frac{\partial L(Y)}{\partial W} = \frac{\partial Y}{\partial W} \cdot Py - Pw,$$

$$\frac{\partial Y}{\partial W} = \frac{Pw}{Py},$$

$$\frac{\partial Y}{\partial W} = b + 2cW = \frac{Pw}{Py}$$

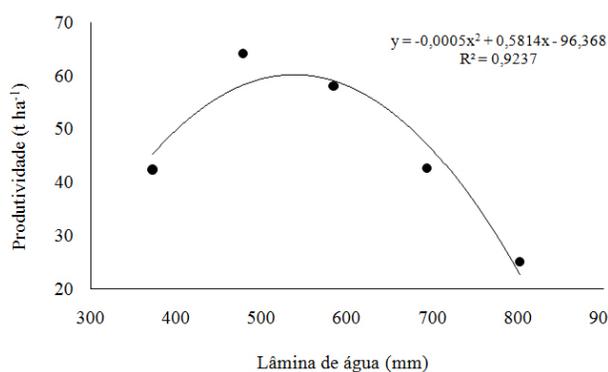
O custo de produção da cultura considerado foi de R\$ 17,15 por caixa de 22 kg (CEPEA, 2014).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou efeito significativo dos níveis de reposição de água no solo sobre a produtividade. A menor lâmina aplicada, correspondente ao tratamento de 70%, foi de 372mm, já a maior lâmina do tratamento de 190% foi igual a 802mm.

Houve uma tendência de aumento da produtividade até aproximadamente 500 mm com posterior decréscimo (Figura 1).

**Figura 1.** Produtividade de tomateiro “Andréa” em função das lâminas aplicadas.



Dessa forma, lâminas menores ou maiores ocasionaram perdas de produtividade, em relação à reposição de 100%. Para Guimarães (1988), o déficit hídrico ocasiona murchamento das plantas, prejudicando sua fisiologia, culminando em queda de produtividade. Outros autores encontraram resultados semelhantes (CARVALHO *et al.*, 2000; SANTANA, 2007). O produto físico marginal (PFMa) foi obtido a partir da função de produção estimada (Equação 12).

$$y = -0,0005w^2 + 0,5814w - 93,368 \quad (R^2 = 92,37\%) \quad (12)$$

Considerou-se como lâmina de água economicamente ótima aquela que conduziu ao rendimento com máxima margem bruta. Dessa forma, derivou-se a estimativa das funções de produção, obtendo-se o valor do produto físico marginal (PFMa) e, em seguida, igualou-se à relação preço da água e do produto (CARVALHO, 1995; PEREIRA, 2005).

$$\frac{\partial Y}{\partial W} = 0,5814 - 0,001w = \frac{Pw}{Py} \quad (13)$$

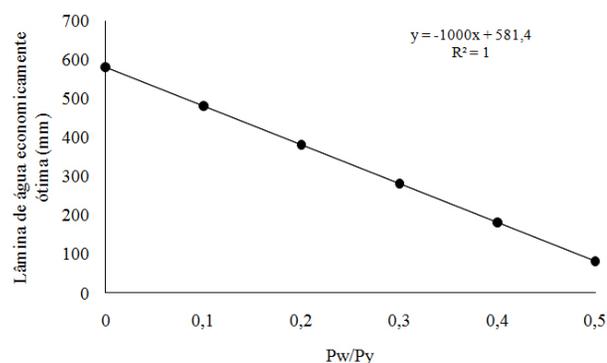
Quando o valor do PFMa atinge o valor zero, conclui-se que a lâmina aplicada proporcionou a produtividade física máxima. Igualando-se à primeira derivada a zero (PFMa=0). As lâminas ótimas física e econômica foram respectivamente 581,4 mm e 415 mm (Tabela 3).

**Tabela 3.** Lâmina que proporcionou a máxima produtividade física estimada (L.F.), produtividade física máxima estimada (P.F.), máxima produtividade econômica (L.O.) e produtividade economicamente ótima (P.O.).

L.F. (mm)	P.F. (t ha <sup>-1</sup> )	L.O.(mm)	P.O. (t ha <sup>-1</sup> )
581,4	72,64	415	61,8

A variação da lâmina ótima econômica em função da variação da relação Pw/Py, obteve tendências semelhantes à observada por Pereira (2005) e Santana (2007) (Figura 2). Como exemplo, analisa-se uma relação custo/benefício de 30% (Pw/PY=0,3); a lâmina ótima econômica é de 281,4 mm. Quando se avalia a lâmina ótima econômica (Tabela 3), a relação Pw/Py é de 0,166 considerada baixa em função do preço da água. A partir do ponto em que PFMa apresentou valor nulo, a aplicação de maiores lâminas de água conduziu a valores negativos (Tabela 4), indicando ser antieconômico o uso dessas lâminas. Resultados semelhantes foram observados por Pereira (2005) e Santana (2007).

**Figura 2.** Lâmina total de água economicamente ótima, em função da relação entre o preço da lâmina e o preço do tomate.



**Tabela 4.** Produtos físicos marginais (PFMa) para as diferentes lâminas aplicadas.

Reposição de água no solo (%)	Lâminas aplicadas (mm)	PFMa
70	372	0,20
100	478	0,10
130	584	-0,0026
160	693	-0,11
190	802	-0,22

## CONCLUSÃO

Diante do exposto, o presente estudo que teve como objetivo avaliar o rendimento do tomate de mesa híbrido Andréa e as reposições da água de irrigação, a partir da determinação de lâminas ótimas (física e econômica). Dessa forma, pôde-se verificar que o tomateiro cultivar Andréa, cultivado em ambiente protegido e irrigado por gotejamento, a lâmina ótima econômica

foi de 415 mm proporcionando uma produtividade de 61,8 t ha<sup>-1</sup>. A lâmina econômica foi 71,3% lâmina física aplicada durante a condução do experimento.

## REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, M.A.R. **Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia**. Lavras: UFLA, 2004. 400p.
- BRASIL. Programa Nacional de Irrigação. **Tempo de irrigar: manual do irrigante**. São Paulo: Mater, 1987.
- CAMARGO FILHO, W. P.; CAMARGO, F. P. A quick review of the production and commercialization of the main vegetables in Brazil and the world from 1970 to 2015. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 35, p. 160-166, 2017. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620170202>.
- CARRIJO, O. A. et al. Produtividade do tomateiro em diferentes substratos e modelos de casas de vegetação. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v.22, n.1, p.5-9, 2004.
- CARVALHO, J. A.; REIS, J. B. R. S. Avaliação dos custos de energia de bombeamento e determinação do diâmetro econômico da tubulação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 2, p. 441-449, 2000.
- CARVALHO, J. A. **Coefficientes de cultura, avaliação econômica da produção e análise do crescimento da cenoura (*Daucus carota* L.) irrigada**. 1995. 78f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.
- CARVALHO, J. A. et al. Efeitos de diferentes níveis de déficit hídrico e doses de nitrogênio sobre a produção do pimentão. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.1.p. 262-267. 2000.
- CARVALHO, L. A.; TESSARIOLLI NETO, J. Produtividade de tomate em ambiente protegido, em função do espaçamento e número de ramos por planta. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.4, p.986-989, 2005.
- CASTRO, R. P. de. et al. Modelos de decisão para otimização econômica do uso da água em áreas irrigadas da fazenda experimental Vale do Curu, Pentecoste – CE. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 3, p. 377-392, 2007.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, Imprensa Universitária UFV, 1999. 359p.
- CUNHA, A. R.; ESCOBEDO, J. F.; KLOSOWSKI, E. S. Efeito do fluxo de calor latente pelo balanço de energia em cultivo protegido de pimentão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.37, n.6, p.735-743, 2002.
- FAYAD, J. A. et al. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v.19, n.3, p.9-13, 2001.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2008. 421p.
- GENUCHTEN, M. T. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 44, n. 4, p. 892-898, 1980.
- GUIMARÃES, C. M. Efeitos fisiológicos do estresse hídrico. In: ZIMMERMANN, M. J. O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1988. p. 157-174.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola**, Rio de Janeiro: IBGE, 2016.
- MAROUELLI W.A.; SILVA W.L.C. Irrigação por gotejamento do tomateiro industrial durante o estágio de frutificação, na região de Cerrado. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v.24, p. 342-346. 2006.
- MAROUELLI, W. A. et al. Produção de tomateiro orgânico irrigado por aspersão e gotejamento, em cultivo solteiro e consorciado com coentro. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 29, n. 3, p. 429-434, 2011.
- OLIVEIRA, M. R. V. O emprego de casas de vegetação no Brasil: vantagens e desvantagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.30, n.8, p.1049-60, 1995.
- PEREIRA, J. R. D. **Viabilidade técnica e econômica das aplicações de água e nitrogênio no cultivo de gladiolo (*Gladiolus x grandiflorus* L.)**. 2005. 80 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.
- REIS, L.S.; SOUZA, J.L.; AZEVEDO, C.A.V. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do tomate caqui cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n. 3, p. 289-296, 2009.

SANTANA, M. J. **Resposta do feijoeiro comum a lâminas e épocas de suspensão da irrigação.** 2007. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

SANTOS, H.G, dos *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3.ed. Brasília, DF.: Embrapa, 2013. 353p.

SOUZA, J. A. R. et al. Avaliação de frutos de tomate de mesa produzidos com efluente do tratamento primário da água residuária da suinocultura. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.18, n.3, p.198-207, 2010.

THEBALDI, M. S. et al. Características produtivas do tomate irrigado por diferentes sistemas de irrigação e qualidade de água. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 1, p. 43-58, 2013.

THORNTHWAITE, C.W. An approach towards a rational classification of climate. **Geographical Review**, London, v.38, p.55-94, 1948.

VALERIANO, T. T. B. et al. Alface americana cultivada em ambientes protegido submetida a doses de potássio e laminas de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v.21, n.3, p. 620-630, 2016.

## ● CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

### MÉTODOS SENSORIAS UTILIZADOS EM ESTUDOS DE ACEITAÇÃO E PREFERÊNCIA DE ALIMENTOS POR CONSUMIDORES INFANTIS: UMA REVISÃO

*Caroline Geoffroy Ribeiro<sup>1</sup>, Ellen Menezes<sup>2</sup>, Paulo Sérgio Marcellini<sup>3</sup>, Alexandre Porte<sup>4</sup>*

**RESUMO:** Sabe-se que a obesidade é hoje um problema mundial e que os hábitos alimentares são formados durante a infância, logo, faz-se necessário entender as preferências e escolhas alimentares de consumidores infantis por meio da aplicação de métodos sensoriais estimulando o consumo de frutas e hortaliças. No entanto, alguns testes podem apresentar limitações nos resultados dependendo da faixa etária a ser trabalhada. O desenvolvimento cognitivo que acontece durante a infância justifica o fato de a criança apresentar instabilidade durante a realização dos testes. Este trabalho teve como objetivo revisar as principais técnicas sensoriais empregadas em estudos de aceitação e preferência de alimentos com consumidores infantis. Além disso, o trabalho buscou discutir os fatores de influência e a relação da idade na aceitação e preferência deles, bem como revisar o desenvolvimento de novos instrumentos que visem estimular a formação de uma alimentação mais saudável em crianças.

**Palavras-chave:** Análise sensorial. Crianças. Escolha alimentar.

### SENSORY METHODS USED ON FOOD ACCEPTANCE AND PREFERENCE STUDIES WITH CHILDREN CONSUMERS: A REVIEW

**ABSTRACT:** Obesity is well known as a worldwide issue of great concern nowadays and it is also known that food habits are established during the infant stage. Thus, it is necessary to understand children consumers' food preferences and choices through sensory methodologies stimulating fruit and vegetables' intake. However, some tests may show limitations on results depending on the age range of the kid. The cognitive development that occurs during the infant phase explains the fact that children show instability during the tests tasks. This work aimed at reviewing the main sensory techniques used on food acceptance and preference studies with children consumers. Besides, it also aimed to discuss factors of influence and age-related circumstances on children acceptance and preferences, as well as review the development of new instruments that intend to stimulate healthier food habits for children.

**Keywords:** Sensory analysis. Children. Food choice.

<sup>1</sup>Mestre em Alimentos e Nutrição, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, *campus* URCA (UNIRIO). Rio de Janeiro, RJ, Brasil. [carol\\_geoffroy@yahoo.com.br](mailto:carol_geoffroy@yahoo.com.br)

<sup>2</sup>Doutora em Ciência de Alimentos, Universidade Federal do Rio de Janeiro, *campus* Cidade Universitária (UFRJ). Rio de Janeiro, RJ, Brasil. [ellenmayra@hotmail.com](mailto:ellenmayra@hotmail.com)

<sup>3</sup>Doutor em Alimentos e Nutrição, Universidade Estadual de Campinas, *campus* Cidade Universitária Zeferino Vaz (UNICAMP). Campinas, SP, Brasil. [marcellinips@yahoo.com](mailto:marcellinips@yahoo.com)

<sup>4</sup>Doutor em Ciências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, *campus* Cidade Universitária (UFRJ). Rio de Janeiro, RJ, Brasil. [alexandre.porte@unirio.br](mailto:alexandre.porte@unirio.br)

## INTRODUÇÃO

Mudanças no padrão da sociedade e o estilo de vida corrido das pessoas são reflexos do desenvolvimento de diversos países no mundo (MUSTONEN, RANTANEN & TUORILA, 2009). O sedentarismo é comum nesse novo estilo de vida, em que as pessoas trabalham mais horas restando pouco tempo para prática de exercícios físicos (SOUSSIGNAN et al., 2012).

A aquisição de hábitos alimentares saudáveis relacionados à dieta e à atividade física é fortemente influenciada pelo ambiente em que vive o indivíduo, incluindo fatores demográficos, políticos, culturais e sociais (ATTORP et al., 2014; SOTOS-PRieto et al., 2015).

Conforme estudos realizados em países desenvolvidos os hábitos alimentares da família exercem influência direta na escolha alimentar da criança (BLISSETT & FOGEL, 2013; DOS SANTOS BARROSO, SICHIERI & SALLES-COSTA, 2014), que tem justamente na infância o desenvolvimento do comportamento e formação das preferências alimentares (MITCHELL et al., 2013; SOTOS-PRieto et al., 2015).

Os pais são frequentemente responsáveis em disponibilizar os alimentos que serão consumidos por seus filhos (BLISSETT & FOGEL, 2013). Em muitas situações as preferências das crianças acabam por prevalecer e a qualidade nutricional de determinado produto nem sempre é considerada (PAGLIARINI GABBIADINI & RATTI, 2005).

Além da forte influência dos pais, a escola e a mídia também são responsáveis por oferecer à criança conhecimentos sobre os alimentos, alimentação, nutrição e saúde (TATLOW-GOLDEN et al., 2013).

A indústria contribui negativamente na formação de hábitos alimentares saudáveis, já que a maioria dos anúncios desenvolvidos está relacionada com alimentos contendo alto teor de açúcar, sal e/ou gordura (GWOZDZ & REISCH, 2011). O consumo de alimentos e bebidas ricos em açúcar, biscoitos e salgadinhos de alta densidade energética, são comuns entre as crianças e adolescentes e podem contribuir para o agravamento do quadro de obesidade (SAYDELLES et al., 2010; SLEDDENS et al., 2010).

Em contrapartida, o consumo de vegetais fornece além de fibras, vitaminas, minerais e antioxidantes, que contribuem com baixa densidade energética e promovem saciedade, estando associados à redução do risco de doenças crônicas como câncer, doenças cardiovasculares e obesidade (DONADINI; FUMI & PORRETTA, 2012; ATTORP et al., 2014; POELMAN et al., 2015).

Contudo, um dos maiores desafios dos pais ou responsáveis consiste em introduzir novos alimentos à dieta da criança, principalmente os vegetais. As crianças possuem uma tendência em escolher alimentos que sejam considerados familiares a elas e os vegetais encontram-se entre os alimentos menos aceitáveis devido ao gosto amargo que muitos apresentam (POELMAN et al., 2015).

Entender o comportamento alimentar desses indivíduos é fundamental a fim de adotar medidas preventivas não só contra obesidade, mas também problemas desencadeados pela má nutrição como a deficiência de micronutrientes, por exemplo, que são essenciais para o desenvolvimento da criança (REVERDY et al., 2010).

As crianças nunca estiveram tão envolvidas na escolha do que comprar, usar e comer como nos dias de hoje (OLSEN, et al., 2012). Isso torna fundamentais no processo e desenvolvimento de novos produtos da indústria de alimentos, e sua participação em testes sensoriais tem sido considerada de suma importância (THYBO KÜHN & MARTENS, 2004).

Os testes sensoriais de preferência e os discriminativos são geralmente os testes mais empregados em estudos com crianças (LIEM MARS & DE GRAAF, 2004). No entanto, a aplicação de testes sensoriais pode se deparar com algumas dificuldades, principalmente no que se refere a distinguir o teste mais preciso a ser trabalhado numa determinada faixa etária (DOMENE et al., 2002). As crianças ainda se encontram em estado de desenvolvimento cognitivo, concentração e vocabulário, restringindo as opções de metodologias geralmente utilizadas neste tipo de pesquisa (THYBO, KÜHN AND H. MARTENS, 2004). Outro agravante é o fato de a criança, justamente por estar em processo de formação de opinião, apresentar instabilidade com relação à preferência do sabor dos alimentos, logo, as respostas aos testes tendem a ser diferentes em cada experimento (LIEM ZANDSTRA & THOMAS, 2010).

Tendo em vista essas dificuldades, o objetivo desta revisão foi identificar as técnicas utilizadas em estudos de análise sensorial com crianças considerando a melhor idade a ser aplicada, a fim de estimular o desenvolvimento de novas pesquisas que visem compreender as preferências alimentares entre o público infantil.

## MÉTODOS DE ANÁLISE SENSORIAL ADOTADOS EM ESTUDOS COM CRIANÇAS E A ASSOCIAÇÃO COM A IDADE

Os métodos afetivos também conhecidos como testes de preferência e hedônicos, são muito utilizados em pesquisas voltadas para o consumidor, incluindo pesquisas que trabalham com crianças na faixa etária de 2 a 5 anos. Fazem parte desta metodologia os testes de preferência pareada, testes de preferência ordenada e escalas hedônicas que variam entre 3 a 9 pontos.

Em contrapartida, o teste discriminativo costuma ser empregado em estudos com crianças maiores de 6 anos de idade, por exigir maior concentração e habilidades cognitivas mais desenvolvidas (GUINARD, 2000). Dentre os testes discriminativos geralmente aplicados destacam-se os testes de comparação pareada, duo-trio, ordenação e escala de intensidade.

A escolha do tipo de teste que será utilizado na pesquisa é uma das etapas mais importantes e deve primeiramente levar em consideração a faixa etária em que o público alvo se encontra para que depois sejam definidos outros detalhes do procedimento. Sendo assim, vale destacar que antes dos 3 anos de idade, a avaliação sensorial é limitada à observação das mudanças de comportamento das crianças frente a um determinado alimento, logo, muitas vezes a participação dos pais na interpretação desses comportamentos se faz necessária (GUINARD, 2000; ISSANCHOU, 2015).

Entre 3 a 5 anos de idade, a criança já é capaz de participar de testes sensoriais em que é preciso classificar ou combinar determinado atributo, como: testes de comparação pareada e testes de ordenação (GUINARD, 2000). Esses testes podem ser transformados em jogos interativos, e esta é a melhor forma de estimular a participação da criança nesta idade (ISSANCHOU, 2015; VISSER et al., 2000).

A classificação por eliminação, método em que a criança classifica o alimento de sua preferência ao mesmo tempo em que elimina as amostras que menos agradaram, pode trazer resultados mais eficientes que o teste de ordenação propriamente dito, desde que utilize produtos familiares à criança e trabalhe com no máximo 3 variedades de amostra (BIRCH, 1980; ISSANCHOU, 2015). Ainda nesta faixa etária, a criança pode participar de entrevistas individuais e consegue compreender escalas simples de 3 a 5 pontos, no entanto, suas preferências ainda são limitadas (GUINARD, 2000). O mesmo autor considera que entre os 5 e 8 anos de idade, a habilidade de decidir encontra-se mais desenvolvida, assim como o grau de compreensão das escalas, sendo que elas são recomendadas nesta idade, podendo variar entre os modelos convencionais ou modelos que utilizam imagens ilustrativas. As escalas de 3 e 5 pontos podem ser facilmente compreendidas nesta faixa etária, podendo ser usada inclusive a escala de 9 pontos (CARRAWAY-STAGE et al., 2014; ISSANCHOU, 2015). As crianças são capazes de ordenar amostras de acordo com o grau de intensidade de um determinado atributo, como gosto salgado ou acidez, por exemplo (ISSANCHOU, 2015; KILDEGAARD, TØNNING & THYBO, 2011).

A partir dos 8 anos de idade, os testes discriminativos apresentam resultados mais eficientes, pois a criança já é capaz de tomar decisões complexas, expressa sua opinião adequadamente seja de forma verbal ou escrita, compreende o conceito das escalas através de prévia instrução e possui maior poder de concentração. Entre os 12 e 15 anos de idade a criança já pode participar dos mesmos testes que são desenvolvidos para os adultos, pois apresenta vocabulário mais extenso, é capaz de avaliar técnicas mais avançadas e seu poder de concentração é equivalente ao de uma pessoa adulta (GUINARD, 2000).

## COMPARANDO OS MÉTODOS DE ANÁLISE SENSORIAL

Léon et al. (1999) compararam a diferença entre três métodos não verbais: comparação pareada, ordenação e categorização de escala hedônica facial de 4 pontos (desgostei muito, desgostei, gostei, gostei muito) em crianças utilizando biscoitos doces. A pesquisa foi realizada na França e contou com a participação de 169 crianças na faixa etária de 4 a 10 anos e cada uma delas participou 2 vezes de cada método. As amostras eram compostas de 5 biscoitos de sabores diferentes, sendo 3 disponíveis comercialmente (damasco, morango e framboesa) e 2 sabores elaborados especialmente para o experimento (limão e banana). No primeiro método, foi realizado o teste de comparação pareada em que cada criança recebeu 1 par de biscoitos por vez, sendo orientada a escolher a amostra preferida. Cada criança analisou nesta etapa 10 pares de biscoitos reunindo todas as combinações possíveis de sabores. O segundo método analisado foi o de ordenação por eliminação, em que os 5 biscoitos foram apresentados simultaneamente e as crianças foram orientadas a provar todas as amostras e a apontar a que mais gostaram, até que todas as amostras fossem ranqueadas. A terceira metodologia utilizada foi a categorização de escalas hedônicas, onde os 5 biscoitos foram apresentados 4 vezes em blocos sucessivos e as crianças realizaram a degustação dos biscoitos e apontaram para a face correspondente na escala. Foi verificado que os sabores limão e banana foram os menos preferidos pelas crianças, considerando os três métodos utilizados, o que pode ser justificado pelo fato de a aparência e o sabor diferente de ambos os biscoitos, somado ao fato de se tratarem de produtos novos ao paladar das crianças francesas. Métodos estatísticos foram utilizados para comparar as metodologias empregadas constatando-se que a repetibilidade foi maior na categorização hedônica do que nos outros dois métodos. O que explica este resultado é o fato de que durante a categorização hedônica a criança pode dar a mesma nota para diferentes produtos. A pesquisa também revelou que crianças maiores de 5 anos conseguem formular uma opinião definitiva com relação às características de um determinado produto. Isso porque apresentam habilidades cognitivas mais desenvolvidas. Já entre as crianças de 4 e 5 anos de idade foi observado maior oscilação entre as respostas. Por outro lado, resultados dos testes de comparação pareada e ordenação mostraram-se mais estáveis do que os de categorização hedônica. Isso pode ser explicado porque os dois métodos são comparativos, já na categorização hedônica as crianças precisam memorizar sua percepção com relação às amostras e, em seguida, correlacionar com a escala. O artigo conclui que crianças entre 5 e 10 anos podem fornecer resultados consistentes e confiáveis com relação a escolha alimentar utilizando métodos comparativos e monádicos.

Liem et al. (2004) avaliaram os métodos comparação pareada e ordenação usando como estímulo duas bebidas com sabor de laranja com diferentes concentrações de açúcar. O estudo contou com a participação de 21 crianças de 4 a 5 anos de idade e 22 jovens na faixa etária de 20 anos, que no teste de comparação pareada deveriam identificar qual amostra continha o maior teor de açúcar e no teste de ordenação, os participantes deveriam ordenar da amostra mais doce para a menos doce (habilidade discriminativa) e da amostra preferida à menos preferida (teste de preferência). Os testes sensoriais foram realizados em dois dias, sendo que a habilidade discriminativa foi analisada no primeiro dia e o teste de preferência no segundo dia. Os resultados sugerem que crianças de 5 anos de idade apresentam consistência nas repostas dos testes discriminativos de ordenação e comparação pareada. No entanto, observou-se que as crianças apresentaram maior dificuldade em discriminar as diferentes concentrações de açúcar nas bebidas de laranja do que os jovens. Segundo os autores, as crianças tendem a preferir bebidas de laranja com maior concentração de açúcar que os adultos. Também foi relatado que as crianças de 4 anos de idade não obtiveram respostas consistentes em ambos os testes discriminativos, ao contrário dos testes de preferência em que se observou consistência na resposta de todos os participantes. Este resultado está em concordância com o de Léon et al. (1999) citado anteriormente.

## FATORES QUE PODEM INFLUENCIAR NOS RESULTADOS DOS TESTES

Crianças menores do que 5 anos tendem a apresentar mudanças de opinião com relação a preferência de um determinado alimento, o que pode trazer como consequência resultados pouco coerentes. No entanto, essa questão raramente é investigada em estudos de análise sensorial. Baseado neste contexto, no artigo de Liem et al. (2010), foram avaliadas as preferências alimentares de crianças utilizando sorvetes de 5 sabores diferentes e, ao mesmo tempo, foi avaliado se as mães dessas crianças eram capazes de identificar o sabor preferido de seus filhos. O mesmo teste de ordenação foi realizado durante dois dias consecutivos, com 152 crianças. Os autores verificaram através da correlação de Spearman que crianças de 5-10 anos obtiveram resultados mais consistentes ( $p < 0,05$ ) com relação ao sabor de preferência do que crianças de 3-5 anos, apresentando maior tendência em repetir os mesmos resultados durante os 2 dias. Paralelamente, apenas 39 % das mães foram capazes de identificar o sabor de sorvete preferido de seus filhos, enquanto que 61 % das mães identificaram o sabor que seus filhos menos gostaram. Como conclusão, os autores recomendam a utilização de testes de preferência aplicados de acordo com a idade da criança ao invés de contar com a participação das mães. No entanto, caso o objetivo do estudo seja investigar os sabores que menos agradam, a participação das mães pode ser útil.

Problemas de comportamento também podem ser observados em pesquisas de análise sensorial realizadas com crianças. Nos estudos de Liem et al. (2010) e Visser et al. (2000), foram observados alto percentual de desistência entre crianças de 3 anos. Esse resultado foi vinculado à escolha de estímulos considerados pouco familiares às crianças, tais como sorvete nos sabores: menta, café, chocolate e dois tipos de creme, no estudo de Liem et al. (2010); sacarose e ureia no estudo de Visser et al. (2000). Liem et al. (2004) e Liem et al. (2010) também relataram dificuldades durante a realização de seus testes, já que as crianças de 2-4 anos não souberam ordenar as amostras devidamente quando trabalharam com estímulos pouco conhecidos.

## FATORES RELACIONADOS À ACEITAÇÃO DE ALIMENTOS

As propriedades sensoriais de um determinado alimento influenciam diretamente a sua aceitação. Baseado nesse fato, Rose, Laing, Oram & Hutchinson (2004) avaliaram 104 crianças entre 6-7 anos e 10-11 anos de idade. O teste consistiu na ordenação de amostras de diferentes tipos de carne: costeletas de cordeiro, salsicha de carne e bife de alcatra, de acordo com a preferência, utilizando as principais modalidades sensoriais: aparência, aroma, sabor, textura e gosto residual. Os resultados demonstraram que o sabor foi o fator que mais influenciou a aceitação de alimentos por consumidores infantis de 10-11 anos. Por outro lado, a textura na boca e o gosto residual foram as características mais importantes para as crianças de 6-7 anos de idade. Diante dos resultados, os autores concluíram que as crianças na faixa etária trabalhada podem ser treinadas para analisar produtos considerando suas características sensoriais específicas e fornecer informação através de escala hedônica.

Muitos pesquisadores buscam, através da análise sensorial, investigar o consumo de alimentos entre o público infantil. Existem diferentes técnicas que podem ser usadas como ferramenta na tentativa de aumentar a aceitação de alimentos como, por exemplo, o condicionamento, mudanças na forma de preparo dos alimentos, a adição de estímulos específicos e o desenvolvimento de programas de educação sensorial. Alguns estudos que exploram a utilização de cada uma dessas técnicas foram detalhados nos tópicos seguintes.

## A TÉCNICA DO CONDICIONAMENTO

A técnica do condicionamento se baseia no fato de que um mesmo sabor quando provado diversas vezes tem sua aceitação aumentada. Os autores Havermans & Jansen (2007); Reverdy et al. (2010) e Wardle et al. (2003) defendem essa técnica após trabalhar com crianças de 2-6 anos de idade, fase em que ocorre o desenvolvimento das preferências alimentares.

Wardle et al. (2003) avaliaram mudanças na aceitação de um determinado alimento após 14 dias de exposição diária. Foram utilizados 156 participantes (pais de crianças entre 2-6 anos e seus filhos) que foram divididos em três grupos: i) grupo que recebeu somente informações sobre práticas de alimentação saudável; ii) grupo que de fato consumiu os alimentos durante os 14 dias de pesquisa; e, iii) grupo controle que não recebeu nenhuma intervenção. Primeiramente, foi avaliada a aceitação de 6 vegetais através de escala facial hedônica de 3 pontos. Em seguida, realizou-se um teste de ordenação, em que as crianças categorizavam cada vegetal de acordo com seu grau de preferência. O vegetal escolhido para a segunda etapa da pesquisa obteve uma aceitação moderadamente baixa (3o lugar do ranking). Este mesmo vegetal foi oferecido às crianças do grupo de exposição durante 14 dias de teste. O vegetal era pesado antes e depois do consumo. Os resultados comprovam que uma exposição diária a um determinado alimento que antes não era muito aceito pela criança, após 14 dias de prova, obteve resultados positivos no que se refere à aceitação desse mesmo alimento.

Zeinstra et al. (2009) investigaram se o condicionamento de um determinado sabor é capaz de influenciar a aceitação de vegetais de consumidores infantis com 7-8 anos de idade. Ambas as amostras foram oferecidas para as crianças o quanto elas quisessem beber durante 14 dias e o consumo diário de bebida foi pesado antes e após os testes. Paralelamente, um questionário foi aplicado considerando as diferentes características sensoriais das bebidas: aceitação, doçura, amargor, intensidade de sabor e textura.

## MODIFICAÇÕES NA FORMA DE PREPARO DOS ALIMENTOS

Além do condicionamento, outra forma de melhorar a aceitação sensorial é através da aplicação de diferentes técnicas de cocção dos alimentos. Vários estudos abordam essa questão como o de Zeinstra et al. (2009), que explorou diferentes técnicas culinárias no preparo de suas amostras com participantes de três grupos de idade diferentes: 4-6 anos, 7-8 anos e 11-12 anos. Os alimentos utilizados foram cenoura e vagem em forma de purê, cozidas no vapor, cozidas em água fervente, grelhadas e fritas. As técnicas de cocção em água fervente e o cozimento no vapor foram as preferidas entre todos os participantes. Os resultados demonstraram que a forma que o alimento é preparado influencia sua aceitação.

Em estudo semelhante, (POELMAN & DELAHUNTY, 2011) trabalharam com diferentes técnicas de cocção com o intuito de avaliar se o preparo ou a cor típica de determinado alimento influenciam o grau de aceitação. Participaram do estudo 104 crianças de 5-6 anos. Os vegetais utilizados foram: batata doce, couve-flor e vagem preparados por cocção em água fervente, assados, amassados em forma de purê e fritos.

Cada criança recebeu uma amostra dos 3 vegetais preparados de 4 formas diferentes, sendo uma amostra do vegetal na sua cor tradicional e outra com uma coloração atípica. A aceitação dos alimentos em estudo foi avaliada utilizando escala facial hedônica de 3 pontos e, posteriormente, as crianças ordenaram as amostras de acordo com sua preferência. Mais uma vez ficou comprovado que o modo de preparo dos alimentos influencia sua aceitação, sendo que os alimentos cozidos foram mais aceitos que os fritos ou assados. Com relação à cor, não houve diferença na aceitação após a degustação dos produtos coloridos tipicamente e atipicamente.

Donadini et al. (2012) investigaram a relação entre aceitação de vegetais e a utilização de diferentes métodos de preparo dos alimentos. Participaram deste estudo 29 crianças italianas de 4 a 5 anos de idade e os vegetais utilizados foram: tomate, cenoura, espinafre, abobrinha, chicória e erva-doce. Os métodos de preparo escolhidos envolviam o alimento consumido cru, fervido e assado com adição de queijo muçarela e todas as amostras foram apresentadas aos participantes nas três formas. Para avaliação das amostras foi utilizada uma escala hedônica facial de 5 pontos. Os autores concluíram que a aceitação de vegetais varia de acordo com as preferências de cada criança, com o vegetal analisado e com a forma que o mesmo foi preparado. Neofobia e familiaridade são duas questões frequentemente envolvidas com aceitação de vegetais e podem ser solucionadas com a aplicação de novas técnicas de preparo, já que oferece à criança outras formas de consumir um determinado vegetal. Diferente do resultado encontrado no estudo de Poelman & Delahunty (2011), foi verificado que os alimentos que mantiveram sua cor original após a cocção obtiveram maior aceitação.

## ADIÇÃO DE UM DETERMINADO ESTÍMULO

Durante a realização de um experimento, é comum os pesquisadores optarem por adicionar um determinado estímulo às suas amostras como forma estratégica de investigar a aceitação de um alimento ou bebida. Este estímulo poderá interferir no sabor, aroma, textura e/ou aparência do alimento melhorando sua aceitação.

Kildegard et al. (2011) avaliaram a percepção da acidez e o grau de aceitação de dois tipos de sucos com 239 crianças de 9-14 anos utilizando matéria seca como estímulo. Um suco de maçã e um suco de frutas contendo 11 frutas diferentes foram utilizados como amostra. Foram elaboradas 4 amostras de cada suco, em que a acidez foi mantida constante e a concentração de matéria seca foi variável. Durante a realização dos testes, cada criança recebeu 4 amostras de suco de maçã e 4 amostras de suco de fruta numa mesma sessão e foram orientadas a ordenar as amostras de acordo com a sua preferência. As amostras foram codificadas e aleatorizadas antes de serem servidas.

Os resultados demonstram que quanto maior a percepção de acidez nos sucos, menor a aceitação em ambas as amostras. Com relação à concentração de matéria seca nos sucos, foi observado que a partir de 15,9 g/L, nota-se um ponto de estabilidade na preferência das crianças.

Já Havermans & Jansen (2007) utilizaram dextrose como estímulo à aceitação de vegetais. Participaram desta pesquisa 21 crianças com média de idade de 5,2 anos, em que cada uma recebeu 6 copos contendo bebidas de vegetais com sabores distintos. Primeiramente, as crianças ordenaram os copos considerando os sabores que mais gostaram aos que menos gostaram. As amostras ranqueadas em terceiro e quarto lugar foram separadas para utilização do próximo procedimento. Neste, as crianças receberam 3 sequências de amostras contendo 2 pares cada. Em cada sequência, pelo menos 1 amostra foi adicionada de 20 g de dextrose. As crianças foram orientadas a beber os dois copos e no dia seguinte repetiram ambos os procedimentos. Os resultados demonstraram que as mesmas amostras, que no primeiro teste não foram bem aceitas, tiveram um aumento significativo no grau de aceitação após a adição do estímulo.

## APLICAÇÃO DE PROGRAMAS DE EDUCAÇÃO SENSORIAL

Programas de educação sensorial direcionados ao público infantil são muito comuns nos países da Europa e proporcionam às crianças maior capacidade de percepção sensorial através de estímulos aos órgãos dos sentidos. O objetivo do programa é transformar as crianças em consumidores bem-informados e atentos com relação à qualidade do alimento e suas características no que se refere aos atributos aroma, textura e sabor.

Reverdy et al. (2010) avaliaram os efeitos de um programa de educação sensorial realizado na França, com 203 crianças de 8 a 10 anos de idade. As crianças foram divididas em dois grupos: um grupo experimental que participou efetivamente do programa de educação sensorial e um grupo controle que participou do teste preliminar e da avaliação pós-teste. O teste de comparação pareada foi utilizado como teste preliminar e contou com três estímulos (purê de batata, iogurte e compota de frutas) que variavam na complexidade e intensidade de atributos. A questão da familiaridade com as amostras também foi investigada. Após provarem as duas amostras de cada par, foram feitas perguntas como: qual amostra é a mais surpreendente em termos de sabor? Qual amostra é a mais doce/salgada/amarga/ácida? E assim, as crianças tinham que escolher uma entre duas amostras. Para verificar se o programa de educação sensorial foi eficaz, realizou-se um novo teste sensorial com ambos os grupos imediatamente após a conclusão do programa. O mesmo teste se repetiu depois de 10 meses e avaliou a escolha e preferência das crianças mediante uma

refeição composta de 3 tipos de molho de tomate servido com almôndegas, 5 amostras de purê de batata, 5 amostras de iogurte e 5 amostras de compota de frutas servidas 1 por vez de forma sequencial. As crianças avaliaram as amostras utilizando uma escala hedônica estruturada de 7 pontos. Foi verificado que os dois grupos obtiveram maior preferência por purê de batata e compota de frutas com sabores mais complexos logo após terem concluído o programa de educação sensorial. Autores observaram que foram necessárias poucas exposições aos sabores mais complexos para que estes fossem preferidos. Os resultados do programa de educação sensorial foram percebidos depois de 10 meses da realização do programa e demonstram ter efeitos no desenvolvimento das preferências alimentares da criança.

## RECURSOS NÃO CONVENCIONAIS UTILIZADOS EM TESTES SENSORIAIS

A utilização de imagens ilustrativas dos alimentos pode ser vista como uma alternativa aos testes sensoriais tradicionais que são conhecidos por serem caros e trabalhosos quando aplicados em larga escala. Além disso, os testes tradicionais podem muitas vezes se tornar entediantes para as crianças prejudicando as avaliações (OLSEN et al., 2012).

Recursos não convencionais podem ser usados em estudos de aceitação como o de Frazier et al. (2012), que utilizaram imagens através de fotografias e investigam a aceitação de alimentos em crianças. Foram usadas fotografias de pessoas de diferentes idades, gêneros e raças consumindo um alimento confidencial. As crianças foram convidadas a escolher entre os alimentos com base nas diferentes expressões faciais apresentadas nas fotos. Foi observado que as fotos com expressões positivas foram preferidas com relação às fotos das pessoas com expressões negativas. As crianças também optaram, em sua maioria, por alimentos que eram consumidos por crianças nas fotos e, não por adultos, e do mesmo gênero que o seu. Estes resultados demonstram que as crianças tendem a experimentar novos alimentos ao observarem outras crianças consumindo o mesmo alimento e expressando reações positivas.

Outro estudo que os autores trabalharam com aceitação e utilizaram imagens é o de Soussignan et al. (2012), realizado com crianças de 6 a 11 anos de idade, em diferentes estados nutricionais (eutrofia e sobrepeso). Teve como objetivo, investigar a aceitação de alimentos após a uma exposição visual e olfativa de alimentos com alta e baixa densidade energética e associar com o estado nutricional da criança. Foram utilizadas como estímulos visuais 4 figuras de alimentos com alta densidade energética (bife, fatia de presunto, pizza e barra de chocolate), 4 figuras de alimentos com baixa densidade energética (sopa, laranja, couve-flor cozida e morango) e 4 figuras representando estímulos não-alimentícios (lavanda, rosa, sabonete e grama).

Os aromas utilizados foram combinados com figuras representativas daquele alimento, totalizando 12 estímulos. As crianças foram instruídas a avaliar os estímulos visuais e faciais de acordo com o grau de aceitação utilizando uma escala de 7 pontos. Os resultados demonstraram que crianças com sobrepeso tendem a salivar mais que crianças eutróficas quando expostas a estímulos visuais e olfativos relacionados a alimentos de alta densidade energética, indicando desta forma, maior aceitação por estes alimentos.

Saber diferenciar um alimento saudável de outro não saudável foi o objetivo de muitas pesquisas com consumidores infantis (GWOZDZ & REISCH, 2011; SIGMAN-GRANT et al., 2014; SOUSSIGNAN et al., 2012; TATLOW-GOLDEN et al., 2013), em que também foi comum utilizar imagens ilustrativas como parte da metodologia. Tatlow-Golden et al. (2013) trabalharam com crianças de 3 a 5 anos e elaboraram um livro de histórias associando a ingestão de alimentos saudáveis com um bom desenvolvimento físico e mental. Imagens de alimentos e bebidas saudáveis e não-saudáveis foram selecionadas e, a partir disso, as crianças deveriam indicar os produtos que o personagem da história deveria consumir para a manutenção de um estilo de vida saudável. Os resultados demonstraram que as crianças possuem uma capacidade considerável de identificar os alimentos saudáveis como promotores de saúde e desenvolvimento. No entanto, possuem maior dificuldade de rejeitar os itens considerados não-saudáveis.

Gwozdz & Reisch (2011), num estudo semelhante, utilizaram cartões com imagens de alimentos e bebidas em crianças de 5 a 11 anos juntamente com um teste de preferência. Os autores verificaram que 92,2 % das crianças foram capazes de reconhecer os alimentos e bebidas considerados saudáveis. Este resultado faz jus à faixa etária em que as crianças estão mais desenvolvidas e possuem um conhecimento maior sobre os alimentos, conforme mencionado anteriormente. Porém, destas crianças apenas 33,2 % preferiram de fato estes alimentos, mesmo conhecendo os efeitos prejudiciais à saúde.

## CONCLUSÃO

Ao escolher os testes sensoriais discriminativos e/ou afetivos que serão aplicados em estudos com crianças, deve-se levar em consideração o desenvolvimento cognitivo característico da idade a ser trabalhada para a obtenção de resultados fidedignos e evitar problemas de desistência. Estudos comprovam que crianças menores que 5 anos têm dificuldade em apresentar resultados consistentes em testes discriminativos sendo, portanto, recomendados em crianças a partir de 8 anos. Em contrapartida, foi verificado que os testes de preferência podem ser executados com facilidade na mesma faixa etária, principalmente os métodos comparativos.

A utilização de escalas hedônicas vem sendo amplamente empregada podendo ser usadas como

instrumento de medida em estudos de aceitação de alimentos com consumidores infantis. Estudos com crianças entre 5 e 8 anos de idade que utilizam escalas de 3 e 5 pontos podem apresentar resultados bastante consistentes.

Uma alternativa aos testes sensoriais tradicionais que utilizam alimentos e bebidas é apresentação de imagens através de fotos ou figuras ilustrativas de alimentos. A eficácia desse método já foi comprovada em estudos com crianças de forma que não há interferência na aceitação dos alimentos. É um método que se destaca pela praticidade e economia, além de ser considerado moderno e poder ser aplicado em sistemas informatizados.

Técnicas de condicionamento, modificações na forma de preparo dos alimentos e a adição de estímulos são ferramentas já consagradas que aumentam a aceitação dos alimentos. A elaboração de programas de educação sensorial também pode trazer resultados eficazes em longo prazo.

Existe ainda uma carência de estudos que associem análise sensorial e desenvolvimento cognitivo com uso de uma linguagem que possa ser compreendida em diferentes faixas etárias e especificidade de instrumentos focados em cada signo etário.

## REFERÊNCIAS

ATTORP, A. et al. Associations between socioeconomic, parental and home environment factors and fruit and vegetable consumption of children in grades five and six in British Columbia. **BMC Public Health**, Canadá, v. 14, n. 150, p. 1471-2458, 2014.

BARROSO, G., SICHIERI, R., SALLES-COSTA, R. Relationship of socio-economic factors and parental eating habits with children's food intake in a population-based study in a metropolitan area of Brazil. **Public Health Nutrition**, v.17, p. 156-161, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1017/S13689800112004624>>. Acesso em: 08 de maio de 2015.

BIRCH, L.L. Effects of Peer Models' Food Choices and Eating Behaviors on Preschoolers' Food Preferences. **Child Development**, v. 51, n. 2, p. 489-496, 1980. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/1129283>>. Acesso em: 08 de maio de 2015.

BLISSETT, J., FOGEL, A. Intrinsic and extrinsic influences on children's acceptance of new foods. **Physiology & Behavior**, v. 10, n. 121, p. 89-95, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2013.02.013>> Acesso em: 08 de maio de 2015.

CARRAWAY-STAGE, V. et al. Evaluation of a pictorial method to assess liking of familiar fruits and vegetables among preschool children. **Appetite**, v. 75, n. 1, p. 11-20, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.appet.2013.12.011>>. Acesso em: 08 de maio de 2015.

- CRAIGIE, A. M. et al. Tracking of obesity-related behaviours from childhood to adulthood: a systematic review. **Maturitas**, v. 70, p. 266-284, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2011.08.005>>. Acesso em : 08 de maio de 2015.
- DOMENE, S. M. A. et al. Validação de metodologia para análise sensorial com pré-escolares. **Revista de Ciências Médicas**, Campinas, v.11, n. 2, p. 129-136, 2002.
- DONADINI, G., FUMI, M. D., PORRETTA, S. Influence of preparation method on the hedonic response of preschoolers to raw, boiled or oven-baked vegetables. **LWT - Food Science and Technology**, v. 49, p. 282-292; 2012. Disponível em: <<https://10.1016/j.lwt.2012.07.019>>. Acesso em: 08 de maio de 2015.
- FRAZIER, B. N. et al. I'll have what she's having: the impact of model characteristics on children's food choices. **Developmental Science**, v. 15, n. 1, p.87-98, 2012. Disponível em: <<https://doi:10.1111/j.1467-7687.2011.01106.x>>. Acesso em: 08 de maio de 2015.
- GUINARD, J.-X. Sensory and consumer testing with children. **Trends in Food Science & Technology**, USA, v. 11, p. 273-283, 2000.
- GWOZDZ, W., REISCH, L. A. Instruments for analysing the influence of advertising on children's food choices. **International Journal of Obesity**, Denmark, v. 35, S137-S143, 2011.
- HAVERMANS, R. C., JANSEN, A.. Increasing children's liking of vegetables through flavour-flavour learning: **Appetite**, v. 48, p. 259-262, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.appet.2006.08.063>>. Acesso em: 08 de maio de 2015.
- ISSANCHOU, S. Sensory & consumer studies with special populations: children and elderly. **Current Opinion in Food Science**, v. 3, p. 53-58, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cofs.2015.02.004>>. Acesso em: 08 de maio de 2015.
- KILDEGAARD, H.; TØNNING, E.; THYBO, A. K. Preference, liking and wanting for beverages in children aged 9–14 years: role of sourness perception, chemical composition and background variables. **Food Quality and Preference**, v. 22, n. 7, 620-627, 2011.
- LIEM, D. G., MARS, M., GRAAF C. DE. Consistency of sensory testing with 4- and 5-year-old children. **Food Quality and Preference**, v.15, 541-548, 2004.
- LIEM, D. G., ZANDSTRA, L., THOMAS, A. Prediction of children's flavour preferences. Effect of age and stability in reported preferences. **Appetite**, v. 55, 69-75, 2010.
- LÉON, F. et al. Measuring food liking in children: a comparison of non verbal methods. **Food Quality and Preference**, v. 10, p. 93-100, 1999.
- MUSTONEN, S., RANTANEN, R., TUORILA, H. Effect of sensory education on school children's perception: a 2 year follow-up study. **Food Quality and Preference**, v. 20, p. 230-240, 2009.
- MITCHELL, G. L. et al. Parental influences on children's eating behaviour and characteristics of successful parent-focussed interventions. **Appetite**, v. 60, p. 85-94, 2013.
- OLSEN, A. et al. Measuring Children's food preferences: using pictures in a computerized conjoint analysis. **Journal of Sensory Studies**, v. 27, p. 264-276, 2012.
- PAGLIARINI, E., GABBIADINI, N., RATTI, S. Consumer testing with children on food combinations for school lunch. **Food Quality and Preference**, v. 16, p. 131-138, 2005.
- POELMAN, A. A. M., DELAHUNTY, C. M. The effect of preparation method and typicality of colour on children's acceptance for vegetables. **Food Quality and Preference**, v. 22, p. 355-364, 2011.
- POELMAN, A. A. M., DELAHUNTY, C. M., GRAAF, C. DE. Vegetable preparation practices for 5–6 years old Australian children as reported by their parents; relationships with liking and consumption. **Food Quality and Preference**, v. 42, p. 20-26, 2015.
- REVERDY, C. et al. Effect of sensory education on food preferences in children. **Food Quality and Preference**, v. 21, p. 794-804, 2010.
- ROSE, G. et al. Sensory profiling by children aged 6–7 and 10–11 years. Part 2: a modality approach. **Food Quality and Preference**, v. 15, n. 6, p. 597-606, 2004.
- SAYDELLES, B. M. et al. Elaboração e análise sensorial de biscoito recheado enriquecido com fibras e com menor teor de gordura. **Repositório Digital**, v. 40, n. 3, p. 644-647, 2010.
- SIGMAN-GRANT, M. et al. Preschoolers Can Distinguish Between Healthy and Unhealthy Foods: The All 4 Kids Study. **Journal of Nutrition Education and Behavior**, v. 46, n. 2, p. 121-127, 2014.
- SLEDDENS, E. F. C. et al. Relationship between parental feeding styles and eating behaviours of Dutch children aged 6–7. **Appetite**, v. 54, p. 30-36, 2010.
- SOTOS-PRIETO, M. et al. Parental and self-reported dietary and physical activity habits in pre-school children and their socio-economic determinants. **Public Health Nutrition**, v.18, p. 275-285, 2015.
- SOUSSIGNAN, R. et al. Orofacial reactivity to the sight and smell of food stimuli. Evidence for anticipatory liking related to food reward cues in overweight children. **Appetite**, v. 58, p. 508-516, 2012.

TATLOW-GOLDEN, M. et al. 'Big, strong and healthy'. Young children's identification of food and drink that contribute to healthy growth. **Appetite**, v. 71, p. 163-170, 2013.

THYBO, A. K., KÜHN, B. F., MARTENS, H. Explaining Danish children's preferences for apples using instrumental, sensory and demographic/behavioural data. **Food Quality and Preference**, v. 15, p. 53-63, 2004.

VISSER, J. et al. Testing taste sensitivity and aversion in very young children: development of a procedure. **Appetite**, v. 34, n.2, p. 169-176, 2000.

WARDLE, J. et al. Increasing children's acceptance of vegetables; a randomized trial of parent-led exposure. **Appetite**, v. 40, p. 155-162, 2003.

ZEINSTRA, G. G. et al. Children's hard-wired aversion to pure vegetable tastes. A 'failed' flavour-nutrient learning study. **Appetite**, v. 52, n. 2, p. 528-530, 2009.

## ● CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

# APLICAÇÃO DE PECTINA EXTRAÍDA DE RESÍDUOS DE MARACUJÁ (*Passiflora edulis*) COMO AGENTE ESTABILIZANTE EM SORVETES

Kenny Suemy Uehara<sup>1</sup>, Raíssa Arantes Barboza<sup>2</sup>, Revenli Fernanda do Nascimento<sup>3</sup>,  
Cleoci Beninca<sup>4</sup>, Maria Helene Giovanetti Canteri<sup>5</sup>.

**RESUMO:** Durante a produção de suco de maracujá (*Passiflora edulis*) é gerada grande quantidade de resíduos orgânicos, potencialmente utilizáveis como matéria-prima na obtenção de coprodutos com aplicação tecnológica e funcional na indústria alimentícia. O objetivo deste estudo foi verificar a viabilidade de aplicação da pectina extraída do albedo do maracujá como agente estabilizante em sorvetes convencionais. Para a realização deste trabalho a pectina foi extraída com ácido nítrico, seguida de precipitação etanólica e desidratação em estufa a 40° C. Foram preparadas sete amostras de sorvete, uma convencional (controle), três com adição de pectina e três com redução do percentual de gordura vegetal hidrogenada associado ao uso de pectina. Foram utilizadas pectinas comerciais de alta e de baixa metoxilação, bem como a pectina extraída do maracujá nas formulações. Foram realizadas análises de viscosidade cinemática, incorporação de ar (*overrun*) e do comportamento de derretimento em cada uma das amostras. Os resultados das análises indicaram que o emprego da pectina extraída do albedo de maracujá em conjunto à redução no teor de gordura proporcionou ao sorvete melhor aeração, aumento da viscosidade e melhor estabilidade durante o derretimento.

**Palavras-chave:** Pericarpo de maracujá. Pectina. Aditivo alimentar. Sorvetes.

## PECTIN EXTRACTED APPLICATION OF PASSION OF WASTE (*Passiflora edulis*) AS AGENT IN ICE CREAM STABILISER

**ABSTRACT:** During the production of passion fruit juice (*Passiflora edulis*) is generated large amount of organic waste, which can be used as raw material to obtain co-products with technology and functional application in the food industry. The aim of this study was to investigate the feasibility of application of pectin extracted from passion fruit albedo as a stabilizer in conventional ice cream. The pectin was extracted with nitric acid, followed by ethanol precipitation and dehydration in an oven at 40° C. Seven ice cream samples were prepared, one conventional (control), three with the addition of pectin and three with reduction of hydrogenated vegetable fat associated with the use of pectin. Commercial pectin of high and low methoxyl as well as the passion fruit pectin extracted were used in the formulations. Kinematic viscosity analysis, incorporation of air (*overrun*) and melting behavior were carried out in each of the samples. The analysis results showed that the use of passion fruit pectin extracted albedo associated to reduced fat ice cream provided the best aeration, increased viscosity and better stability during melting.

**Keywords:** Passion fruit Pericarp. Pectin. Food additive. Ice creams.

<sup>1</sup>Tecnóloga em Alimentos pela UTFPR, *Campus* Ponta Grossa, Bimbo do Brasil, Ponta Grossa, PR, Brasil. suemi\_k25@hotmail.com

<sup>2</sup>Graduanda em Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR, Brasil. raissa.barboza@hotmail.com

<sup>3</sup>Mestranda em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - *Campus* Ponta Grossa, PR, Brasil. revenli\_fernanda@hotmail.com

<sup>4</sup>Dra. Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, *Campus* Canoinhas, SC, Brasil. kikalimentos4@hotmail.com

<sup>5</sup>Dra. Professora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR, Brasil. canteri@utfpr.edu.br

## INTRODUÇÃO

O maracujá (*Passiflora edulis*) é uma variedade comercialmente cultivada com sucesso na maioria das regiões tropicais e subtropicais do mundo, destinada principalmente à produção de suco, bastante popular no Brasil (KULKARNI; VIJAYANAND, 2010; ELLENDERSEN et al., 2014). Como resultado de sua industrialização é gerada grande quantidade de resíduos orgânicos, o que constitui cerca de 50 % da massa do fruto (SEIXAS et al., 2014). Similarmente aos frutos cítricos, o pericarpo (casca do maracujá) é dividido em exocarpo ou flavedo, correspondente à parte colorida da casca e mesocarpo ou albedo, parte carnosa abaixo do flavedo. A película interna ao redor das sementes é o endocarpo (BATES; MORRIS; CRANDAL, 2001; LADANIYA, 2008). O pericarpo de maracujá (parte integrante da casca), quando bem tratado e armazenado, pode ser utilizado como matéria-prima na obtenção de produtos com aplicação tecnológica e funcional na indústria alimentícia, como as fibras dietéticas ou outros compostos bioativos (CANTERI et al., 2010). A obtenção de produtos de interesse industrial a partir do processamento adequado dos resíduos do maracujá possibilita a otimização da economia das unidades de processamento, bem como a redução dos impactos ambientais. Estudos sugerem que a casca do maracujá é uma fonte de pectina, com rendimento de 10 a 20 % (LIEW; CHIN; YUSOF, 2014; PINHEIRO et al., 2008; SEIXAS et al., 2014).

A pectina é polissacarídeo constituído por uma cadeia principal  $\alpha$ - (1,4) de resíduos de ácido galacturônico, parcialmente esterificados com álcool metílico ou ácido acético em ácido carboxílico (WILLATS; KNOX; MIKKELSEN, 2006; VORAGEN et al. 2009; OLIVEIRA et al., 2016). O grau de esterificação (DE) é uma das propriedades que influenciam na aplicação da pectina, uma vez que determina a natureza de gelificação da mesma. A pectina comercial pode ser classificada como de alta metoxilação (HM ou AM), com DE superior a 50 %, ou de baixa metoxilação (LM ou BM), com DE inferior a 50 % (RENARD, 2010). Essa fibra solúvel é amplamente utilizada como gelificante e estabilizante na indústria de alimentos (VORAGEN et al., 2009).

Uma das alternativas para pectina extraída do pericarpo do maracujá é a aplicação em sorvetes, tornando sua aplicação viável devido ao elevado consumo do sorvete no país. Segundo a Associação Brasileira das Indústrias e do Setor de Sorvetes (ABIS), somente no ano de 2015 foram consumidos no Brasil 1,146 bilhão de litros de sorvete.

A fim de atender às crescentes demandas do mercado e satisfazer as elevadas exigências dos consumidores, as indústrias de sorvetes têm investido em matérias-primas que melhorem as propriedades de textura e estabilidade dos produtos finais, tais como os estabilizantes. Dentre os estabilizantes, a pectina tem sido utilizada com êxito na produção industrial de sorvete, em preparações de frutas e molhos de frutas que são processados em combinação com gelo e creme (HERBSTREITH & FOX Corporate Group, 2016).

Desta forma o objetivo do presente estudo foi verificar a viabilidade de aplicação da pectina extraída do albedo do maracujá como agente estabilizante em sorvetes convencionais.

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido e realizado nos laboratórios de Vegetais e de Sorvetes, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR - *Campus* Ponta Grossa - PR.

### Obtenção da farinha

Para o preparo da farinha, foram utilizados o pericarpo de aproximadamente 5 kg de maracujá amarelo (*Passiflora edulis*), após remoção interna da polpa e do flavedo (parte amarela). Após este procedimento, o albedo passou pelo processo de branqueamento, por imersão em água em ebulição por 3 min seguido do resfriamento em água gelada. O albedo foi centrifugado e, posteriormente, colocado em estufa de circulação de ar a 50 °C para desidratação, até massa constante (cerca de 24 horas). Logo após este processo, o albedo desidratado foi triturado em moinho de facas para obtenção da farinha, matéria-prima para obtenção de pectina.

### Extração e isolamento da pectina

Foram adicionados 4 g de farinha do mesocarpo do maracujá em erlenmeyers contendo 100 mL de água destilada. Essa suspensão permaneceu em repouso por 15 minutos em temperatura ambiente. Em seguida, os frascos foram aquecidos em banho-maria até atingir a temperatura de 80 °C. Para a extração ácida foi preparada uma solução de ácido nítrico com concentração final de 0,05 mol L<sup>-1</sup>, aquecida também a 80° C. A solução ácida e a suspensão de farinha do mesocarpo do maracujá foram misturadas e a mistura obtida foi mantida a 80° C por 40 minutos, sob agitação, sendo posteriormente resfriada, sendo posteriormente resfriada em refrigerador convencional.

Para isolamento da pectina, após este processo, a suspensão ácida foi filtrada através de tecido sintético e a parte líquida foi precipitada com dois volumes de etanol 96° GL, obtendo-se um gel. Este foi filtrado em coador de tecido sintético, seguido pelo processo de desidratação em estufa de circulação de ar a 40° C até massa constante. Posteriormente, a pectina foi triturada em liquidificador e tamizada através de peneira em aço inox (Bertel Industria Metalúrgica Ltda, Caieiras, São Paulo, Brasil) com orifícios de 250  $\mu$ m (60 Mesh). As pectinas foram armazenadas em frascos herméticos.

### Preparo das amostras de sorvetes

Foram preparadas sete amostras de sorvetes a partir de uma formulação base, cujos ingredientes e suas respectivas quantidades em relação a concentração

de leite estão especificados na Tabela 1. A amostra 1 foi preparada apenas com a formulação base. As amostras 2, 3 e 4, além da formulação base, continham 1 % de pectina de baixa metoxilação (comercial), 1 % de pectina de alta metoxilação (comercial) e 1% de pectina extraída do albedo de maracujá, respectivamente. As amostras 5, 6 e 7 foram preparadas com redução de 3 % de gordura vegetal hidrogenada e adição de 1 % de pectina de baixa metoxilação (comercial), 1 % de pectina de alta metoxilação (comercial) e 1 % de pectina extraída do albedo de maracujá, respectivamente.

As pectinas comerciais de alta metoxilação e a de baixa metoxilação foram fornecidas gentilmente pela CPKelco®. As amostras utilizadas foram GENU® Pectin tipo LM 18-CG com grau de esterificação de 34,8 % e GENU® Pectin tipo HM 105 com grau de esterificação de 67 a 73 %.

**Tabela 1.** Formulação base para produção de sorvete em relação a concentração de leite.

Ingrediente	Quantidade (%)
Leite integral	100
Açúcar	15
Glucose de milho	10
Gordura vegetal	7,5
Crema de leite fresco	6,5
Leite em pó	6,5
Liga neutra	1
Emustab	1
Saborizante	2

**Fonte:** Elaboradora pelas autoras

## Análises físico-químicas

A análise de incorporação de ar (*overrun*) foi adaptada da metodologia de Rechsteiner (2009) e em função da quantidade de amostra realizada apenas uma vez. Cada uma das amostras de sorvete foi acondicionada em béquer graduado de 100 mL, levado à estufa de circulação de ar (25-30° C) durante 12 h. Após este período, foi registrado o volume líquido resultante. Através da diferença entre os volumes inicial ( $V_i$ ) e final ( $V_f$ ) foi obtida a porcentagem de ar incorporado, com o cálculo feito através da equação 1

$$\% \text{ overrun} = (V_i - V_f) / V_f \times 100 \quad (1)$$

A análise de viscosidade foi realizada em triplicata em viscosímetro de Cup Ford nº 2 para a amostra 1 e nº 4 para amostras 2, 3, 4, 5, 6 e 7. As amostras foram aquecidas em banho-maria até atingirem 34° C para retirada de ar da calda. O tempo de escoamento foi registrado quando as amostras atingiram a temperatura de 25° C.

Para os cálculos utilizaram-se as Equações 2 e 3, de acordo com o orifício do viscosímetro utilizado.

$$\text{Viscosidade cinemática (orifício nº2)} = 2,388t - 0,007t^2 - 57,008 \quad (2)$$

$$\text{Viscosidade cinemática (orifício nº4)} = 3,846t - 17,300 \quad (3)$$

Em que  $t$  é o tempo de escoamento da amostra, em segundos, que deve estar compreendido entre 20 e 100 s.

Para avaliação do comportamento do sorvete no derretimento e retenção de forma, amostras de cada sorvete (cerca de 50 g) foram pesadas e posteriormente depositadas sobre uma tela sobreposta sobre recipientes para coleta da calda do sorvete derretido. A pesagem foi feita a cada cinco minutos durante 60 minutos e a 15° C.

## Planejamento Experimental

Para analisar o efeito da redução de gordura e do tipo de pectina sobre a viscosidade do sorvete, foi elaborado um planejamento experimental 2<sup>2</sup> (Tabela 2), com análise por meio do software Statistica for Windows 5.0 (Statsoft®).

**Tabela 2.** Codificação dos fatores utilizados para cálculo dos efeitos de fatores sobre a viscosidade do sorvete

Ensaio	Redução de gordura	Tipo de pectina
2	Ausente (-1)	BM comercial (-1)
3	Ausente (-1)	AM comercial (1)
5	Presente (+1)	BM comercial (-1)
6	Presente (+1)	AM comercial (1)

BM- pectina de baixa metoxilação, AM- pectina de alta metoxilação.

**Fonte:** Elaborada pelas autoras

## Tratamento Estatístico

A análise estatística dos dados foi realizada por meio da ANOVA, seguida do teste Tukey para diferenciação de grupos, quando aplicável. O software SASM-AGRI (CANTERI et al., 2001) foi utilizado para o tratamento dos dados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diferentemente de outros aditivos artificiais, a pectina não apresenta massa molecular conhecida e características estáveis, apresentando natureza fortemente influenciada pelo processo de extração (WILLATS; KNOX; MIKKELSEN, 2006). A pectina extraída da casca de maracujá pode apresentar baixa metoxilação (YAPO; KOFFI, 2006) ou alta metoxilação (CANTERI

et al., 2012). Não foram realizadas análises nesse lote de pectina. Entretanto, em função das condições de extração terem sido similares às utilizadas em outro trabalho do mesmo grupo de pesquisa (CANTERI et al., 2012), estima-se que o perfil aproximado da pectina deste trabalho apresenta grau de esterificação de 76 % (alta metoxilação), viscosidade reduzida de 5,7 dL g<sup>-1</sup> e massa molar de 245.000 g mol<sup>-1</sup>.

O termo *overrun* refere-se à quantidade de ar incorporado no sorvete através do batimento, fator de suma importância, devido sua influência na qualidade, pois confere ao produto leveza e maciez (SABATINI et al., 2011). As porcentagens de *overrun* encontradas nos sorvetes do presente estudo variaram entre 50 a 100 % (Tabela 2), estando acordo com a Portaria n. 379

da ANVISA que estabelece para gelados comestíveis no mínimo 47,5 % de incorporação de ar (BRASIL, 1999). Tekin; Sahin; Sumnu (2017) relataram porcentagens de *overrun* entre 70 a 90 % em sorvetes com diferentes concentrações de gordura.

As amostras contendo pectina extraída do albedo de maracujá obtiveram as maiores porcentagens de incorporação de ar, independente da redução parcial de gordura hidrogenada. Comparando-se as amostras originais, onde não houve redução de gordura, e suas respectivas formulações modificadas, quando ocorreu a redução do teor de gordura hidrogenada, pode-se verificar maior incorporação de ar nestas. Isso corrobora a afirmação de que quanto maior o teor de gordura menor será o ar incorporado (LAMOUNIER et al., 2015).

**Tabela 3.** Resultados da Análise de *Overrun* e Viscosidade Cinemática em amostras de sorvetes de acordo com adição de diferentes tipos de pectina

Amostra	Redução de gordura	Especificação da pectina	Overrun (%)	Viscosidade (cSt)*	Desvio Padrão Relativo (%)
1	Ausente	Ausente	50	31,62d	7,48
2	Ausente	BM (comercial)	75	120,36c	9,46
3	Ausente	AM (comercial)	50	115,73c	4,61
4	Ausente	Bancada	100	162,86b	3,94
5	Presente	BM (comercial)	92,7	97,33c	12,51
6	Presente	AM (comercial)	88,8	131,11bc	2,65
7	Presente	Bancada	100	310,91a	10,31

BM- pectina de baixa metoxilação, AM- pectina de alta metoxilação, Bancada- pectina extraída do albedo do maracujá; \* 100 centistokes = 1 cm<sup>2</sup>/s = 0,0001 m<sup>2</sup>/s; Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística ao nível de 1% de significância por meio da ANOVA e teste de Tukey.

**Fonte:** Elaboradora pelas autoras

Os estabilizantes em sorvetes melhoram as propriedades de batimento, aumentam a viscosidade da calda, além de melhoram as propriedades de derretimento (SOUZA et al., 2010).

Os resultados da análise da viscosidade cinemática, apresentados na Tabela 3, indicam que houve diferenças significativas nas viscosidades das amostras a nível de 1% de significância. Comparando-se as formulações com o mesmo tipo de pectina comercial, observou-se que aquelas com redução parcial de gordura hidrogenada apresentaram os mesmos valores de viscosidade. Para a Pectina BM, a amostra 5 (97,33 cSt) apresentou viscosidade estatisticamente igual (p<0,01) a amostra 2 (120,36), semelhantemente para a pectina AM, a amostra 6 (131,11 cSt) apresentou viscosidade estatisticamente igual (p<0,01) a amostra 3 (115,73), mas para a pectina de bancada, a viscosidade da amostra 7 (310,91), com redução de gordura, foi maior (p<0,01) que da amostra 4 (162,86), sem redução de gordura. Resultados semelhante foram encontrados por El-Samahy et al. (2015) ao avaliarem a viscosidade de sorvete de creme enriquecido com polpa de cacto, rico em pectina, os quais relataram que os sorvetes com redução parcial de gordura obtiveram os maiores índices de viscosidade aparente.

A magnitude dos efeitos resultantes da redução de gordura e do tipo de pectina sobre a viscosidade do sorvete foram obtidos por meio de um planejamento experimental 2<sup>2</sup>, pelo qual foi possível perceber que quando aumentou o grau de esterificação da pectina, passando da pectina de baixa metoxilação para a de alta, aumentou-se a viscosidade da pectina em aproximadamente 15 unidades, ou seja, esse efeito é diretamente proporcional. Quando se promoveu a redução de gordura, o efeito foi inversamente proporcional, com redução da viscosidade em quase 4 unidades. O maior efeito verificado está relacionado a interação entre o grau de esterificação da pectina e a redução do teor de gordura, com aumento de quase 20 unidades se forem avaliados os fatores concomitantemente.

A Tabela 4 traz os resultados da análise do comportamento do sorvete no derretimento e retenção de forma. Foi possível verificar que a amostra sem adição de pectina apresentou os piores resultados, iniciando seu derretimento nos primeiros 5 min, enquanto que o melhores resultados foram obtidos pelas amostras 5 (com redução de gordura e adição de pectina comercial de baixa metoxilação) e 7 (com redução de gordura e adição de pectina extraída do albedo de maracujá), as quais iniciaram o seu derretimento após 30 min.

**Tabela 4** - Massa cumulativa derretida do sorvete em relação ao tempo

Tempo (min)	Sem redução de gordura			Com redução de gordura			
	1	2	3	4	5	6	7
5	0	0	0	0	0	0	0
10	0,51	0	0	0	0	0	0
15	5,22	1,5	0	0	0	0	0
20	13,66	9,11	6,59	3,4	0	0	0
25	23,19	17,61	16,77	15,35	0	0,05	0
30	31,81	26,2	27,78	24,24	0,18	1,21	0,5
35	38,86	33,61	34,42	33,46	2,17	2,99	3,19
40	45,70	39,02	42,35	41,27	3,43	6,10	6,85
45	48,51	42,17	46,54	46,69	4,73	11,34	9,33
50	49,02	42,44	46,74	46,92	5,88	16,43	16,11
55	49,17	42,66	46,74	46,91	7,02	19,33	19,56
60	49,23	42,72	46,86	46,95	7,47	21,32	21,84

1-amostra controle, 2-com adição de pectina de baixa metoxilação, 3- com adição de pectina de alta metoxilação, 4- com adição de pectina extraída do albedo do maracujá, 5- com adição de pectina de baixa metoxilação e com redução de gordura, 6 - com adição de pectina de alta metoxilação e com redução de gordura, 7- com adição de pectina extraída do albedo do maracujá e com redução de gordura.

**Fonte:** Elaboradora pelas autoras

As amostras 3 e 4 com adição de pectina comercial de alta metoxilação e pectina extraída do albedo de maracujá, respectivamente, apresentaram boa capacidade de retenção de forma, pois iniciaram o seu derretimento somente após os 15 e 20 min do início da análise. Isso pode ser justificado devido ao fato de que a amostra 1 possui maior quantidade de água livre na sua composição, facilitando seu derretimento. Nas demais amostras, a água apresenta-se fortemente ligada às moléculas de pectina, um polímero, formando géis ou colóides, facilitando assim a retenção da forma e dificultando o derretimento do sorvete.

Compatível com Serenato e Chaves (2011) e em contradição a Rechsteiner (2009), os resultados obtidos apontam que as amostras com teor de gordura reduzido apresentaram maior estabilidade e resistência ao derretimento, mantendo sua forma por mais tempo em comparação às amostras sem redução no teor de gordura. A diferença expressiva entre as amostras com redução de lipídeos pode ser devida ao aumento na proporção de proteínas da calda base, o que acaba favorecendo a emulsificação/gelificação, tornando as amostras com redução de gordura mais suscetíveis a estabilidade e resistentes ao derretimento (LEROUX et al., 2003). O resultado da análise comparado ao comportamento das amostras revelou o poder estabilizante e retentor de água na relação entre a presença de pectina em substituição parcial ao teor de gordura, visto que alguns tipos de pectinas têm forte poder de ligação a gordura, na ausência ou redução desta, que permitem estabilização da emulsão, suspensão de partículas, controle da cristalização, inibição da sinérese e revestimento da partícula de gordura, auxiliando na manutenção da forma do produto (CASAROTTI; JORGE, 2010).

## CONCLUSÃO

Os resultados obtidos nas análises permitem concluir que as amostras de sorvete adicionadas de pectina extraída do albedo de maracujá apresentaram maior incorporação de ar (overrun) e maior viscosidade, proporcionando melhor textura, devido também à retenção de água proporcionada pelas cadeias pectínicas. Desta forma a aplicação da pectina extraída do albedo do maracujá em sorvetes é uma alternativa viável para o reaproveitamento dos resíduos das indústrias de suco, além de melhorar a qualidade do produto final.

Foi possível concluir também que os benefícios relacionados à adição da pectina foram mais efetivos quando houve redução parcial da gordura. Assim o sorvete com a adição de pectina e com redução parcial da gordura apresenta potencial, se comprovado sua eficiência, para ser explorado como um alimento funcional, sendo menos gorduroso e enriquecido com fibras, já que a pectina também possui esse papel.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS E DO SETOR DE SORVETES – ABIS. **Produção e consumo de sorvetes no Brasil**. São Paulo: [s.n., 2016]. Disponível em: <[http://www.abis.com.br/estatistica\\_producaoconsumo\\_desorvetesnobrasil.html](http://www.abis.com.br/estatistica_producaoconsumo_desorvetesnobrasil.html)>. Acesso em: 4 jul. 2016.

BATES, R. P.; MORRIS, J. R.; CRANDAL, P. G. Principles and practices of small and medium scale fruit juice processing. In: FAO Agricultural Services Bulletin 146. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, Rome: [s.n.], 2001. 144 p.

- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria n. 379, 26 de abril de 1999. Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de gelados comestíveis, preparados, pós para o preparo e bases para gelados comestíveis. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 29 abr. 1999.
- CANTERI, M. H. G. et al. A comparative study of pectin extracted from passion fruit rind flours. **Journal of Polymers and the Environment**, [S. l.], v. 18, n. 4, p. 593-599, 2010.
- CANTERI, M. H. G. et al. Rheological and macromolecular quality of pectin extracted with nitric acid from passion fruit rind. **Journal of Food Process Engineering**, [S. l.], v. 35, n. 5, p. 800-809, 2012.
- CANTERI, M. G. et al. Agri: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott - Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 18-24. 2001.
- CASAROTTI, S. N. JORGE N. Technological aspects of fat substitutes and their applications in dairy products. **Nutrire: Revista da Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição**, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 163-181, 2010.
- ELLENDERSEN, L. N. et al. Brazilian yellow passion fruit juice- characterization and by products the fruit ripening. In: Elder, K. E. **Fruit Juices: Types, Nutritional Composition and Health Benefits**. Nova Science Publishers Inc.: [s.n.], 2014. p. 143-157.
- EL-SAMAHY, S. K. et al. A novel low fat ice cream based on the use of preparation of cactus pear (*Opuntia dillenii*) pulp. **Egyptian Journal of Dairy Science**, [S. l.], v. 43, n. 1, p. 91-104, 2015.
- HERBSTREITH & FOX Corporate Group. **Ice Cream and Ice Cream Desserts**. [Deutschland: s.n., 200?]. Disponível em: <[http://www.herbstreith-fox.de/fileadmin/tmp/pdf/awtinfo/AWT\\_Ice\\_Cream\\_and\\_Ice\\_Cream\\_Desserts.pdf](http://www.herbstreith-fox.de/fileadmin/tmp/pdf/awtinfo/AWT_Ice_Cream_and_Ice_Cream_Desserts.pdf)>. Acesso em: 4 jul. 2016.
- KULKARNI, S. G.; VIJAYANAND, P. Effect of extraction conditions on the quality characteristics of pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis f. flavicarpa* L.). **LWT - Food Science and Technology**, [S. l.], v. 73, n. 7, p. 1026-1031, 2010.
- LADANIYA, M. S.: **Citrus fruit: biology, technology and evaluation**. San Diego: Academic Press, 2008. 558 p.
- LAMOUNIER, M. L. et al. Desenvolvimento e caracterização de diferentes formulações de sorvetes enriquecidos com farinha da casca da jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*). **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 70, n. 2, p. 93-104, 2015.
- LEROUX, J. et al. Emulsion stabilizing properties of pectin. **Food Hydrocolloids**, [S. l.], v. 17, n. 4, p. 455-462, 2003.
- LIEW, S. Q.; CHIN, N. L.; YUSOF, Y. A. Extraction and Characterization of Pectin from Passion Fruit Peels. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, [S. l.], v. 2, p. 231-236, 2014.
- OLIVEIRA, C. F. et al. Extraction of pectin from passion fruit peel assisted by ultrasound. **LWT - Food Science and Technology**, [S. l.], p. 110-115, 2016.
- PINHEIRO, E. R. et al. Optimization of Extraction of High-Ester Pectin from Passion Fruit Peel (*Passiflora edulis* Flavicarpa) with Citric Acid by using Response Surface Methodology. **Bioresource Technology**, [S. l.], v. 99, p. 5561-5566, 2008.
- RECHSTEINER, M. S. **Desenvolvimento de amidos fosfatados de batata doce e mandioca e aplicação como substitutos de gordura em sorvetes**. Botucatu, 2009. 167f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, Botucatu, 2009.
- RENARD, C. M. G. C. Méthodes d'étude des pectines. UMR SQPOV: Avignon. In: **APRESENTAÇÃO PROFERIDA NO HALL TECNOLÓGICO DO CENTRO POLITÉCNICO**. Curitiba: UFPR, 2010. Disponível em: <[http://www.posalim.ufpr.br/ArqDisponiv/Les%20pectines\\_2.pdf](http://www.posalim.ufpr.br/ArqDisponiv/Les%20pectines_2.pdf)>. Acesso em: 1 jul. 2016.
- SABATINI, D. R. et al. Composição centesimal e mineral da alfarroba em pó e sua utilização na elaboração e aceitabilidade em sorvete. **Alimentos e Nutrição**, [S. l.], v. 22, n. 1, p. 129-136, 2011.
- SEIXAS, F. L. et al. O. Extraction of pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) by microwave-induced heating. **Food Hydrocolloids**, [S. l.], p. 186 - 192, 2014.
- SERENATO, G. C.; CHAVES, R. V. **Substituição parcial de gordura em gelado comestível utilizando goma xantana**. Ponta Grossa, 2011. 81 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2011.
- SOUZA, J. C. B. et al. Sorvete: composição, processamento e viabilidade da adição de probiótico. **Alimentos e Nutrição**, [S. l.], v. 21, n. 1, p. 155-165, 2010.
- TEKIN, E.; SAHIN, S.; SUMNU, G. Physicochemical, rheological, and sensory properties of low-fat ice cream designed by double emulsions. **European Journal of Lipid Science and Technology**, [S. l.], p. 1-32, 2017.
- VORAGEN, A. G. J. et al. Pectin, a versatile polysaccharide present in plant cell walls. **Structural Chemistry**, [S. l.], v. 20, p. 263-275, 2009.

WILLATS, W. G. T.; KNOX, J. P.; MIKKELSEN, J. D. Pectin: new insights into an old polymer are starting to gel. **Trends in Food Science & Technology**, [S.l.], v. 17, p. 97-104, 2006.

YAPO, B. M.; KOFFI, K. L. Yellow passion fruit rind- a potential source of low-methoxyl pectin. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [S.l.], v. 54, p. 2738-2744, 2006.

## ● CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

### EXTRAÇÃO SUPERCRÍTICA APLICADA A FRUTAS – REVISÃO

*Juliana Dias Maia<sup>1</sup>, Tatiana Valesca Rodriguez Alicieo<sup>2</sup>*

**RESUMO:** A extração supercrítica (ESC) é um processo baseado no contato entre uma amostra desidratada de origem vegetal ou animal e um solvente pressurizado para obtenção de extratos com características particulares ou potencializar suas propriedades. A ESC tem sido utilizada como alternativa aos métodos convencionais porque o extrato é livre de solventes orgânicos e por preservar mais as suas características. A ESC também é uma técnica seletiva, em que ao avaliar parâmetros como: tipo de fluido supercrítico, vazão, pressão, temperatura, quantidade de amostra, tempo de extração, umidade e diâmetro da partícula da amostra é possível promover uma maior seletividade de compostos de interesse extraíveis. Inúmeras matérias-primas podem ser extraídas a alta pressão, entretanto este artigo tem como objetivo apresentar uma revisão bibliográfica sobre ESC e os principais resultados encontrados na literatura referentes à ESC de frutas, sejam estas inteiras, polpa, semente ou o seu resíduo agroindustrial. Os principais resultados apontam que as ESC de frutas são realizadas com dióxido de carbono como fluido supercrítico, com período estático seguido por período dinâmico, com 1-44 g de amostra, entre 100–500 bar, a 20–100 °C, com diâmetro médio da amostra entre 210–13000 µm, com utilização de etanol como cossolvente e com rendimento mássico entre 0–60 %. Além disso, é notória a superioridade da qualidade dos extratos obtidos por ESC ao comparar com métodos convencionais, principalmente em relação à pureza e atividades biológicas.

**Palavras-chave:** *Dióxido de carbono supercrítico. Tecnologia verde. Extrato natural. Atividade antioxidante.*

### SUPERCRITICAL FLUID EXTRACTION APPLIED TO FRUITS – A REVIEW

**ABSTRACT:** The supercritical extraction (SFE) is a process based on the contact between a dried sample of vegetable or animal origin and a pressurized solvent to obtain extracts with particular characteristics or leverage their properties. The SFE has been used as an alternative to conventional methods because the extract is free of organic solvents and for preserving more characteristics of the extract. The SFE is too a selective technique, in which evaluating parameters such as: type of supercritical fluid, flow, pressure, temperature, amount of sample, extraction time, moisture and particle diameter of the sample can promote greater selectivity of compounds of interest extractible. Numerous raw materials can be extracted at high pressure, however this article has the objective to present a literature review about SFE and the main results found in the literature regarding the fruits submitted to SFE, whole fruit, only pulp, seed or its agro-industrial residue. The main results show that the SFE of fruit are performed with the static period followed by dynamic period, with 1-44 g of the sample, between 100-500 bar, 20-100 ° C, with diameter between 200-13000 µm, using co-solvent and yield from 0-60 %. Moreover, it is evident the superiority of the quality of the extracts obtained by SFE when compared to conventional methods, particularly with regard to purity and biological activities.

**Keywords:** *Supercritical carbon dioxide. Green technology. Natural extract. Antioxidant activity.*

<sup>1</sup>Doutoranda em Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, Brasil. [juliana\\_dias\\_maia@hotmail.com](mailto:juliana_dias_maia@hotmail.com)

<sup>2</sup>Dra. em Engenharia Química, Professora da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Pelotas, RS, Brasil. [tatianavra@hotmail.com](mailto:tatianavra@hotmail.com)

## INTRODUÇÃO

As frutas destacam-se por compor uma grande variedade de produtos com elevada importância na dieta e na produção de industrializados como suco, polpa, gelados, doces, desidratados. Do latim *fructus*, significa “proveito”, os frutos são bastante utilizados pelo homem e quando carnosos e adocicados, são denominadas frutas, sendo extremamente apreciados, por serem suculentos, coloridos e terem sabor e aroma agradáveis e característicos (CHITARRA, 2005).

As frutas são fontes de compostos que, quando isolados, podem ser aplicados em fármacos ou em alimentos como aditivos (antioxidantes, antimicrobianos, corantes, etc.). Recentemente, tem havido uma limitação do uso de antioxidantes sintéticos pelos possíveis malefícios à saúde do homem, fazendo com que haja uma maior busca pela incorporação de aditivos naturais aos alimentos (SILVA et al., 2016). Andreo e Jorge (2006) salientam que compostos bioativos podem ser extraídos de vegetais por métodos convencionais com solventes orgânicos e pela extração supercrítica (ESC), tecnologia verde que não necessita obrigatoriamente de solvente orgânico, preservando mais as características do extrato. Destacam-se dentre os métodos convencionais: hidrodestilação, Soxhlet, extração assistida por ultrassom, fracionamento, maceração e agitação.

Desta forma, a grande motivação para estudar a extração supercrítica aplicada a frutas é que esta técnica permite preservar mais as qualidades biológicas do extrato e, conseqüentemente, aprimorar a sua aplicação industrial como aditivos alimentares, principalmente no Brasil, onde a produção de frutas possui grande variabilidade e representatividade no cenário mundial. Este trabalho tem como objetivos apresentar uma revisão bibliográfica sobre extração supercrítica (ESC) e sintetizar as principais condições de obtenção dos extratos obtidos por ESC de frutas, sejam estas inteiras, apenas polpa, semente ou o seu resíduo agroindustrial.

## EXTRAÇÃO SUPERCRÍTICA

A extração supercrítica (ESC) é um processo baseado no contato entre uma amostra seca e um solvente pressurizado, o qual remove os compostos de interesse da fase sólida. Esta técnica tem sido utilizada como uma alternativa aos métodos convencionais, principalmente porque o extrato é livre de solventes orgânicos (MARTÍNEZ et al., 2003). O primeiro e mais famoso exemplo de utilização de fluido supercrítico na indústria de alimentos é a descafeinação de grãos de café na Alemanha nos anos de 1970. Algumas outras aplicações da ESC são a extração de compostos amargos do lúpulo para produção de cerveja e extração

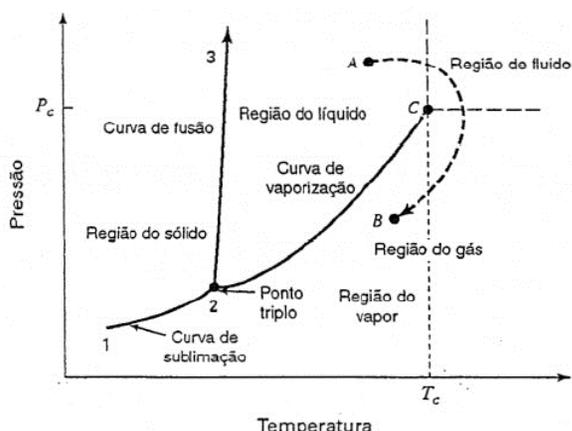
de carotenoides de cenoura (MAUL, 1999). Isto mostra que a ESC não é uma técnica recente, mas no Brasil ainda é pouco explorada atualmente, principalmente por causa dos perigos e alto custo para implantação da linha de processamento com equipamentos que suportem altas pressões.

A extração com fluidos supercríticos apresenta inúmeras vantagens, tais como: ser um processo flexível devido à possibilidade de modular a seletividade do solvente pelas condições operacionais aplicadas (temperatura, pressão, etc.), não afetar as características do extrato, proporcionar extrato livre de solvente residual e, conseqüentemente, dispensar a etapa dispendiosa de eliminação do solvente (REVERCHON; MARCO, 2006), não expor a matéria-prima à luz e ao oxigênio durante a extração, contudo, a exposição pode ocorrer durante o preparo prévio da matéria-prima e de permitir fácil recuperação do extrato (CZAIKOISK et al., 2015), evitar reações de caramelização (MAUL et al., 1996). Estas vantagens são importantíssimas no caso de produtos como as frutas, cujos nutrientes podem ser mais preservados durante seu isolamento ao não entrar em contato com luz, oxigênio atmosférico e elevadas temperaturas. As principais desvantagens da ESC é seu elevado custo devido aos materiais e estruturas resistentes a altas pressões para iniciar e manter o processo (BRUNNER, 1994), baixo rendimento mássico a depender do tipo de matéria-prima e pouca eficiência na extração de compostos polares.

Além de desenvolver uma pesquisa sobre a qualidade biológica e do rendimento mássico dos extratos obtidos por ESC, muitos trabalhos visam fazer uma prospecção do custo necessário para sua produção, como pode ser observado na pesquisa realizada por Mezzomo et al. (2009) para amêndoa de pêssego, por Comim et al. (2010) para casca de banana e por Viganó et al. (2017) para resíduo de maracujá. Estes trabalhos mostram a relevância de avaliar o custo e comparar a produtividade por ESC com extrações convencionais, a fim de instigar as indústrias a operar a altas pressões, especialmente no Brasil, um dos líderes em produção de frutas no cenário mundial.

## FLUIDO SUPERCRÍTICO

“O estado de fluido supercrítico” é a condição termodinâmica denominada quando uma substância é elevada acima de sua temperatura e pressão críticas. O fluido supercrítico possui propriedades intermediárias entre o líquido e o gás (MAUL, 1999). Na Figura 1, o ponto C é conhecido como ponto crítico, cujas coordenadas  $P_c$  e  $T_c$  são a maior pressão e a maior temperatura nas quais se observa uma espécie de química pura em equilíbrio vapor/líquido (SMITH et al., 2005).

**Figura 1.** Diagrama Pressão-Temperatura para substância pura

Fonte: SMITH et al. (2005)

As propriedades físico-químicas de um fluido supercrítico são intermediárias àquelas dos gases ou dos líquidos, como pode ser observado na Tabela 1, sendo que o alto poder de solvatação se assemelha a do líquido e a baixa viscosidade a do gás. Na Tabela 1 salienta-se que a massa específica do fluido supercrítico é maior do que a dos gases e muito próxima a dos líquidos. Além disso, Carrilho et al. (2001) alertam para a relação direta existente entre a massa específica, o poder de solvatação e a compressibilidade do fluido supercrítico, a qual é extremamente dependente da pressão e por isso, a programação da pressão como variável do processo é uma ferramenta importantíssima.

**Tabela 1.** Propriedades físicas de gases, líquidos e fluidos supercríticos em ordem de grandeza geral

Propriedade	Gás	Fluido supercrítico	Líquido
Massa específica (g mL <sup>-3</sup> )	10 <sup>-4</sup> a 10 <sup>-3</sup>	0,2 a 0,9	1
Difusividade (cm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> )	10 <sup>-2</sup> a 1	10 <sup>-4</sup> a 10 <sup>-3</sup>	<10 <sup>-5</sup>
Viscosidade (poise)	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-4</sup> a 10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-2</sup>

Fonte: CARRILHO et al. (2001)

Inúmeros compostos têm sido avaliados como fluidos supercríticos, tais como hidrocarbonetos (pentano, butano, propano), substâncias polares (água, etanol, acetona), mas o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) é o mais utilizado. Isto se deve ao fato de o CO<sub>2</sub> ser seguro, facilmente disponível, não-carcinogênico, inerte, atóxico, não inflamável, ter baixo custo e permitir operações em menores pressões e temperaturas (P<sub>c</sub>=73,8 bar, T<sub>c</sub>=31° C) com necessidades energéticas inferiores para atingir o estado de fluido supercrítico (REVERCHON; MARCO, 2006). O CO<sub>2</sub> também permite a obtenção de um extrato GRAS (*Generally Recognized as Safe*) de

acordo com Czaikoski et al. (2015), ou seja, seguro para ser aplicado em alimentos. Além do mais, o CO<sub>2</sub> volta ao estado gasoso após a descompressão, garantindo a obtenção de um extrato puro, livre de solvente residual. As maiores inconveniências do uso do CO<sub>2</sub> são a sua grande colaboração para o efeito estufa e solubilizar compostos apolares, pois apresenta baixa constante dielétrica e, por isso, em determinados casos, utiliza-se cossolvente.

## UTILIZAÇÃO DE COSSOLVENTE

Dependendo do composto alvo que se deseja extrair, é possível adicionar um cossolvente para atuar junto ao fluido supercrítico, promovendo uma modificação da polaridade, mesmo em pequenas quantidades, ampliando a quantidade de compostos extraíveis em virtude do aumento da solubilidade. Os principais cossolventes são em sua maioria polares, como uma forma de compensar a baixa polaridade do CO<sub>2</sub>. Conforme Melo et al. (2014), etanol, seguido de metanol, água e suas misturas são os cossolventes mais avaliados na ESC de vegetais, com destaque para o etanol que, assim como o sc-CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono supercrítico), é inócuo à saúde do homem ao comparar com metanol, por exemplo. Assim sendo, o processo tecnológico passa a ser menos verde com a utilização de cossolvente, entretanto a presença de um modificador de polaridade pode promover na extração à alta pressão um aumento significativo do rendimento mássico e/ou da atividade antioxidante conforme verificado por Benelli et al. (2010), Liu et al. (2010) e Paes et al. (2014). A adição do cossolvente exige uma posterior etapa de sua eliminação, não sendo o extrato livre de solvente como ocorre quando apenas o fluido supercrítico é utilizado.

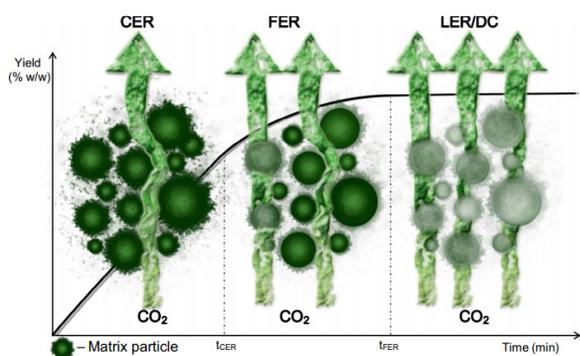
Existem diversos trabalhos que utilizam óleo vegetal como cossolvente na ESC com intuito de obter um óleo enriquecido em determinada classe de compostos lipofílicos, os quais podem conferir maior vida útil ao produto (proteção à oxidação). Um exemplo de pesquisa envolvendo fruta submetida a ESC com óleo é a extração de óleo da polpa de abacate e enriquecimento com carotenoide de pimentão vermelho (BARROS et al., 2016) que será detalhado em item posterior.

## ETAPAS DA EXTRAÇÃO SUPERCRÍTICA

A otimização da ESC requer conhecimentos fundamentais sobre dados termodinâmicos e cinéticos e pode ser dividida em três etapas como ilustra a Figura 2. A primeira etapa é a CER (*Constant Extraction Rate*), isto

é, a etapa de velocidade constante e nela a superfície externa da amostra sólida está coberta por um soluto de fácil acesso e a resistência à transferência de massa é na fase do solvente (convecção entre a superfície do sólido e o solvente). A etapa seguinte corresponde à FER (*Falling Extraction Rate*), isto é, etapa de velocidade decrescente, na qual ocorre a exaustão da camada superficial do soluto e o processo difusional na matriz sólida começa a exercer maior influência sobre a convecção na parte fluida, já que o solvente encontra espaços livres para penetrar no sólido, solubilizar o soluto e difundir a mistura soluto-solvente para a superfície. A última e terceira etapa é a DCP (*Diffusion Controlled Period*), na qual a extração é nula, isto é, todo o extrato já foi solubilizado nas etapas anteriores (FERREIRA; MEIRELES, 2002). O ideal é que a cinética da ESC para a determinação do rendimento atinja a etapa DCP e o tempo de extração determinado deve assegurar que todo o soluto foi removido da matriz sólida, indicando que o rendimento obtido é máximo.

**Figura 2.** Curva geral da cinética de extração supercrítica (rendimento mássico de extrato versus tempo de extração), a caracterização da curva em três etapas (CER, FER e DCP) e o arraste do soluto na partícula da matriz sólida pelo dióxido de carbono supercrítico.



Fonte: SILVA et al. (2016)

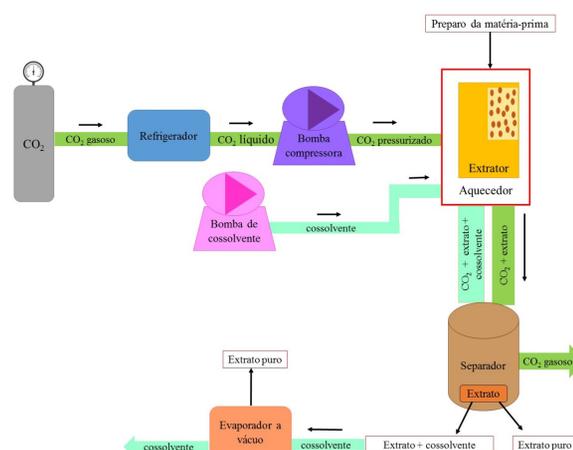
## PARÂMETROS QUE INFLUENCIAM A EXTRAÇÃO SUPERCRÍTICA

Na Figura 3 é possível verificar um esquema geral do funcionamento da ESC e quais as principais etapas envolvidas no processo. Com relação ao preparo da matéria-prima, a amostra geralmente é desidratada e o modo de secagem (estufa, liofilizador, solar) pode afetar os resultados, visto que os compostos de interesse podem ser termicamente degradados dependendo das condições de tempo (dependente da cinética de extração) e temperatura (dependente do equipamento) aplicados. A desidratação é benéfica para a extração, pois uma elevada quantidade de água pode interferir negativamente na interação entre solvente e soluto. Além disso, um tratamento térmico prévio é interessante, principalmente no caso de frutas, para inativar enzimas naturalmente presentes.

Após a redução da umidade, a etapa de trituração da matéria-prima também beneficia o processo de

extração, visto que um menor diâmetro da partícula ( $D_p$ ) aumenta a área superficial de contato entre sólido e solvente, aumentando a transferência de massa. O tempo estático é aplicado em algumas pesquisas como um tempo inicial de contato entre a amostra e o fluido supercrítico para aumentar a velocidade de extração e ocorre na coluna de extração sem que haja fluxo de solvente no separador (Figura 3). A utilização de ondas ultrassônicas no extrator durante a ESC vem sendo estudada recentemente e é um dos avanços tecnológicos na área de ESC, com o intuito de tentar romper as células da matéria-prima, propiciando uma melhor extração do soluto e, conseqüentemente, um aumento do rendimento mássico (REÁTEGUI et al., 2014).

**Figura 3.** Esquema de funcionamento geral da extração supercrítica com dióxido de carbono puro e com adição de cossolvente



Fonte: As autoras

Outra variável que influencia bastante é a vazão do fluido supercrítico, visto que quanto maior, maior é o arraste de soluto e, conseqüentemente, o rendimento da extração é superior. A verificação dos efeitos da pressão e da temperatura são os parâmetros mais avaliados. Dependendo das condições máximas de operação do equipamento, as extrações podem ocorrer a até 500 bar (MARAN; PRIYA, 2015) e, independentemente de alguns compostos serem termolábeis, temperaturas próximas a 100° C estão sendo avaliadas na ESC de frutas (LAMEIRA et al., 1997; CZAIKOSKI et al., 2015; RAI et al., 2015). Outro parâmetro importante do processo é a quantidade de matéria-prima, que está relacionada com a dimensão da coluna de extração.

A Figura 3 também apresenta a possibilidade de utilizar um cossolvente durante a ESC, sendo necessária mais uma bomba para impulsionar o solvente orgânico até o extrator, onde encontrará o CO2 e a matriz sólida. O extrato obtido deve passar por mais uma etapa para separar o cossolvente do extrato (evaporação sob baixa temperatura), o que pode ocasionar um maior custo ao processo e dano à qualidade do extrato, mas o modificador também pode trazer vantagens como discutido anteriormente.

Todas essas variáveis são utilizadas para verificação da qualidade e da quantidade de extrato obtido.

Observa-se uma discussão corriqueira referente a qualidade *versus* quantidade, uma vez que a obtenção de extrato por um método dispendioso, como utilização da alta pressão, é válida apenas se a qualidade for superior e isto é relatado na maioria das pesquisas ao comparar os extratos obtidos por ESC com aqueles obtidos por métodos convencionais, principalmente devido à tecnologia supercrítica preservar mais as características do extrato. As principais atividades biológicas avaliadas são a atividade antioxidante (PAES et al., 2014; REÁTEGUI et al., 2014; CZAİKOSKI et al., 2015; BATISTA et al., 2016; REIS et al., 2016) e a atividade antimicrobiana (BENELLI et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2013).

## APLICAÇÃO DA EXTRAÇÃO SUPERCRÍTICA A FRUTAS

Melo et al. (2014) afirmam que pela tendência das obras publicadas no período de 2000 a 2013, as frutas correspondem a apenas 10 % das matrizes vegetais avaliadas por ESC. Existem muitos trabalhos de ESC com frutas, inteiras ou com partes específicas como polpa ou sementes, mas principalmente de seus resíduos agroindustriais, especialmente porque é crescente a preocupação com o aproveitamento dos resíduos e valorização de subprodutos. Atenta-se para o fato de os resultados desses trabalhos serem relevantes, pois indicam a presença de compostos de interesse presentes nos resíduos.

Inicialmente, a ESC era difundida como um método a alta pressão para obter óleos, principalmente devido à polaridade do dióxido de carbono supercrítico ( $sc\text{-CO}_2$ ), o que faz com que mais compostos apolares sejam extraídos. Com o passar dos anos, observa-se uma alteração para a denominação do produto resultante da ESC, variando desde óleos resina, extrato a até o nome da classe de compostos específicos de interesse que podem ser isolados pela técnica (pigmentos, antioxidantes), isto porque a tecnologia supercrítica permite uma seleção dos compostos de interesse, de modo que a solubilidade pode ser moldada pelos parâmetros operacionais como anteriormente citado. Além disso, quando a extração é realizada a temperaturas amenas e sem etapa posterior que necessite de aquecimento do extrato, a ESC é muito importante para obtenção de compostos termossensíveis e que se oxidam facilmente na presença de oxigênio e durante a ESC não são expostos, o que promove maior preservação dos compostos bioativos presentes na matéria-prima.

Atualmente tem sido dada importância à utilização do resíduo da ESC em outros tipos de extrações subsequentes, com propósito de concentrar compostos polares que não são solubilizados pelo fluido supercrítico como será discutido nos casos de ESC de manga (GARCIA-MENDOZA et al., 2015), mangaba (MAIA, 2016) e de açaí (BATISTA et al., 2016). Isto valoriza o subproduto da ESC para obtenção de mais compostos bioativos.

Nas próximas seções, para cada parte da fruta avaliada na extração, são apresentadas tabelas com

o resumo sobre a ESC aplicada a cada parte específica da fruta, as quais estão organizadas em ordem cronológica das publicações, os principais parâmetros que influenciam na ESC (tempo, pressão, temperatura, massa, vazão, utilização de cossolvente e sua concentração, diâmetro da partícula e rendimento mássico) e o método de preparo da matéria-prima que pode influenciar nos resultados da extração.

## FRUTAS INTEIRAS (POLPA, CASCA E SEMENTE)

Na Tabela 2 é possível observar um resumo de ESC de frutas inteiras (com casca, polpa e semente).

A pupunha é um fruto de uma palmeira da região Norte do Brasil com cerca de 65 % de polpa, 30 % de sementes e 5 % de casca e após secar em estufa (60° C durante 36 h) separadamente, o teor de lipídeos encontrado por Soxhlet-hexano foi de 12,25% na polpa e de 8,84% nas sementes. A ESC com  $\text{CO}_2$  foi realizada com polpa e sementes juntas a 50° C e 250 bar, rendendo 13 % ( $\text{m m}^{-1}$ ). Na sequência da pesquisa, foi realizada uma nova ESC a 45° C e 300 bar, obtendo rendimento de 9 %. Foi verificado que a composição de ácidos graxos dos extratos variou bastante em relação à mudança das condições de pressão, temperatura e tempo da ESC, bem como quando comparada ao extrato obtido pelo método convencional sem ter sido realizada análise estatística das médias, destacando-se Soxhlet-hexano da casca e a ESC a 300 bar como os métodos que conseguiram extrair ácido oleico (ARAÚJO et al., 2000).

Liu et al. (2010) estudaram o fruto *Wu Zhu Yu* proveniente da China, que é utilizado na medicina popular pela presença de alcaloides. Os frutos inteiros foram moídos e a ESC foi realizada com 5 min de tempo estático, sendo avaliados os efeitos de pressão (200-400 bar), temperatura (50-70° C), tempo de extração (30-90 min) e soluções aquosas de metanol (100, 50 e 70 %) e de etanol (95 %) como cossolventes. Os resultados apontaram que o rendimento mássico do extrato obtido na ESC com  $\text{CO}_2$  puro foi quatro vezes menor do que o rendimento obtido com cossolvente e o rendimento dos alcaloides variaram entre: 0,8 – 1,2 e 0,6 – 0,9  $\text{mg g}^{-1}$  de evodiamina e rutaecarpina, respectivamente. O rendimento de alcaloides na extração por Soxhlet-metanol foi semelhante ao da ESC, mas a pureza dos alcaloides extraídos pelo método convencional foi muito inferior.

Czaiikoski et al. (2015) pesquisaram o fruto da gabiroba, planta encontrada no Sul do Brasil. A fruta madura foi cortada ao meio e desidratada em estufa a 40° C até atingir 12 % de umidade. Após triturar a fruta com todas as partes, a ESC foi realizada com 44 g de amostra, vazão de dióxido de carbono ( $Q_{\text{CO}_2}$ ) de 2  $\text{cm}^3 \text{min}^{-1}$ , durante 180 min, com variação da pressão (150-250 bar) e da temperatura (40-80° C). O rendimento dos extratos de ESC variou entre 0,88-3,90 %, enquanto que na extração por Soxhlet-éter de petróleo foi de quase o dobro (6,79 %). Ressalta-se que o maior rendimento ocorreu na condição de menores pressão e

temperatura (250 bar e 40° C), que proporcionaram menor massa específica do solvente. Foi verificado que o aumento da temperatura não aumentou o rendimento e a etapa DCP (Figura 2) não foi alcançada em nenhuma cinética realizada. Na análise cromatográfica dos extratos, os compostos majoritários em todos os

ensaios foram o  $\alpha$ - e  $\beta$ -eudesmol. O extrato obtido a 150 bar e 80° C resultou em maior teor de compostos fenólicos totais [CFT] (14,86 mg EAG por g de extrato), mas menor atividade antioxidante pela captura do radical DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazila) (4,86 % referente à concentração de 250  $\mu\text{g mL}^{-1}$  de extrato).

**Tabela 2.** Resumo da aplicação da extração supercrítica aplicada a frutas

Parte da fruta	Nome	P (bar)	T (°C)	t (min)	m <sub>amostra</sub> (g)	Q <sub>CO2</sub>	D <sub>p</sub> ( $\mu\text{m}$ )	Cossolvente	X <sub>0</sub> (%)	Referência
	Pupunha	250 e 300	45 e 50	-	20	-	596 - 210	-	9 - 13	Araújo et al. (2000)
Polpa, casca e semente	Wu Zhu Yu	200 - 400	50 - 70	Estático 5 Dinâmico 30 - 90	1	2 L min <sup>-1</sup>	-	Soluções aquosas de metanol (50- 70 %) e de etanol (95 %)	-	Liu et al. (2010)
	Gabiroba	150 - 250	40 - 80	Dinâmico 180	44	2 cm <sup>3</sup> min <sup>-1</sup>	455	-	0,9- 3,9	Czaikoski et al. (2015)
	Mangaba	300	40 - 60	Dinâmico 240	15	8,33 g min <sup>-1</sup>	990	Etanol (5e10%)	1 - 3	Maia (2016)
Polpa	Pitanga	140 - 400	40 e 60	Estático 10 Dinâmico 120	5	68,10 <sup>5</sup> kg s <sup>-1</sup>	376	-	0,4 - 1,0	Genival-Filho et al. (2008)
	Pitanga	150 - 250	40 - 60	Estático 30 Dinâmico 180	12	0,0024 kg min <sup>-1</sup>	13720	-	0,4 - 0,6	Oliveira et al. (2009)
	Açaí	150 - 490	50 - 70	Estático 30 Dinâmico 180	10	8,85,10 <sup>5</sup> kg s <sup>-1</sup>	866	-	10 - 45	Batista et al. (2016)
	Abacate	400	50	Dinâmico 210	0 - 5	2,5 g min <sup>-1</sup>	1220	-	60	Barros et al. (2016)
Semente	Castanha de caju	100 - 170	40 - 80	Dinâmico 180	-	-	-	-	4,5 - 32,0	Lameira et al. (1997)
	Melão	300 - 500	40 - 60	Estático 30 Dinâmico 60 - 100	25	0,3 - 0,9 kg min <sup>-1</sup>	500	-	11 - 48	Marayan & Priya (2015)
	Tamarindo doce	100 - 240	20 - 50	Dinâmico 240	25	2 mL min <sup>-1</sup>	397,6	Etanol (10 - 75%)	0 - 2,6	Reis et al. (2016)
Resíduo	Laranja	100 - 300	40 e 50	Dinâmico 300	15	17 g min <sup>-1</sup>	597	Etanol (2,5 e 8 %)	0,6 - 1,4	Benelli et al. (2010)
	Mirtilo	150 - 250	40	-	-	1,05 - 1,4.10 <sup>4</sup> kg s <sup>-1</sup>	-	Água, Água acidificada, Etanol, Solução aquosa de etanol	15 - 25	Paes et al. (2014)
	Amora	150 - 250	40 - 60	Dinâmico 120	5	2,8 kg s <sup>-1</sup>	340	Solução aquosa de etanol (5 e 10 %)	7 - 9	Reátegui et al. (2014)
	Maracujá	160 - 210	38 - 53	Estático 20 Dinâmico 100	5	1,8kg s <sup>-1</sup>	740	2 - 20	2,6 - 20,9	Barrales et al. (2015)
	Manga	300	40	450	5	1,1L min <sup>-1</sup>	290	-	3	Garcia-Mendoza et al. (2015)
	Uva	150 - 300	50 - 60	Dinâmico 240	25	13 g min <sup>-1</sup>	-	Etanol (12,5-17,5 %)	4 - 6	Oliveira et al. (2013)

P: pressão; T: temperatura; t: tempo; m: massa; D<sub>p</sub>: diâmetro médio das partículas; X<sub>0</sub>: rendimento mássico considerando os resultados com extração com apenas sc-CO<sub>2</sub>.

**Fonte:** Autoras

Maia (2016) estudou a mangaba (casca, polpa e semente), a qual foi inicialmente cortada, desidratada em estufa com circulação de ar (55° C durante 21h) até

obter 9,3% de umidade e trituração (D<sub>p</sub> = 990  $\mu\text{m}$ ). A ESC foi realizada com 15g de amostra, a 300 bar, entre 50-60° C, com Q<sub>CO2</sub> de 8,33g min<sup>-1</sup>, durante 240 min e etanol foi

avaliado como cossolvente (5 e 10 %). Diversos métodos convencionais (ultrassom, Soxhlet, maceração, extração com óleo) foram testados com diferentes solventes (água, etanol, hexano, óleos de soja e de oliva). O rendimento da ESC com CO<sub>2</sub> puro variou entre 1–3 %, ao passo que a adição do modificador de polaridade o aumentou para 11–16 %. As atividades antioxidantes CFT, ABTS e DPPH apontaram o método convencional maceração-etanol como o melhor, mas para o teste lipofílico de descoloração do sistema β-caroteno/ácido linoleico os extratos obtidos por alta pressão foram superiores, sendo iguais estatisticamente ao antioxidante sintético BHT. Nesta mesma pesquisa o resíduo da ESC foi submetido a uma nova extração por maceração-etanol e os resultados revelaram este subproduto como sendo fonte de compostos polares com excelente atividade antioxidante, de modo que durante a ESC houve solubilização dos compostos mais apolares (e por isso a atividade antioxidante pelo método do β-caroteno foi melhor) e também concentrou os compostos polares, os quais foram solubilizados pelo etanol na extração subsequente pela maceração.

## POLPA DA FRUTA

Na Tabela 3 é possível observar um resumo de ESC de polpa de frutas. Da polpa de pitanga liofilizada foi realizada a ESC com sc-CO<sub>2</sub>. Genival Filho et al. (2008) concentraram carotenoides (licopeno, rubixantina e β-criptoxantina) em diferentes condições de temperatura (40 e 60° C) e de pressão (150–400 bar), sendo a condição a 250 bar e 60° C considerada como a melhor para recuperar 55 % dos carotenoides. Já no estudo desenvolvido por Oliveira et al. (2009) com condições operacionais semelhantes, foi avaliada a intensidade do aroma característico mediante análise sensorial (escala estruturada de 9 pontos) além do rendimento, o qual variou entre 0,42–0,56 %. As maiores intensidades de aroma oscilaram entre 5,02–5,81 sem ocorrer diferença significativa entre quatro condições operacionais distintas de ESC.

Extratos da polpa de açaí liofilizada foram obtidos por ESC com sc-CO<sub>2</sub> por Batista et al. (2016) a partir de 10 g de amostra, Q<sub>CO<sub>2</sub></sub> igual a 8,85 x 10<sup>-5</sup> kg s<sup>-1</sup> com período estático de 1800 s e extração dinâmica durante 10800 s, variando a temperatura (50 a 70° C) e a pressão (150 a 490 bar). O maior rendimento foi obtido na condição mais extrema: 45,4 % a 490 bar e 70° C. A amostra foi analisada antes e depois da ESC quanto ao teor de CFT e de antocianinas. Antes da ESC, o teor de CFT era 5520 mg EAG por 100 g e após a ESC passou para 7565 mg EAG por 100 g. Analogamente, o teor de antocianinas antes da ESC era de 96,58 mg por 100 g e após a ESC foi de 137,5 mg por 100 g. Estes resultados apontaram que o resíduo da polpa após a ESC é fonte de polifenóis e antocianinas e possui grande potencial nutracêutico.

Barros et al. (2016) fizeram um estudo diferente a partir da ESC simultânea de duas matérias-primas: polpa de abacate e pimentão vermelho (fonte de carotenoide capsantina). Sabendo que o sc-CO<sub>2</sub> é corriqueiramente utilizado como solvente para extrair pigmentos e que a eficiência da extração pode ser aumentada com a utilização de cossolvente, a ideia dos autores foi utilizar o óleo proveniente do abacate como cossolvente para arrastar os carotenoides do pimentão, obtendo-se um óleo enriquecido. Assim, a ESC foi realizada com 5 distintas proporções entre polpa de abacate (0-5 g) e polpa com casca do pimentão vermelho (0-5 g), ambas liofilizadas e trituradas. As condições operacionais foram 50° C, 400 bar e Q<sub>CO<sub>2</sub></sub> igual a 2,475 g min<sup>-1</sup> durante 3,5 h, com 20 min de tempo estático. O abacate liofilizado apresentou 68 % de lipídios e o pimentão liofilizado apresentou 625 µg g<sup>-1</sup> de capsantina. Os resultados apontaram que durante a cinética de ESC das duas diferentes matérias-primas isoladas, a polpa de abacate foi realmente fonte de óleo com rendimento próximo a 60 %, enquanto que o extrato da pimenta vermelha rendeu menos de 2 %. Além do mais, o rendimento mássico e o rendimento de capsantina foram maiores à medida que a proporção de abacate aumentava, de modo que a melhor proporção foi com 67 % de abacate na qual foram obtidas 340 µg g<sup>-1</sup> de capsantina, o que representa 56 % de recuperação do carotenoide inicial.

**Tabela 3.** Extração supercrítica aplicada à polpa de frutas

Nome	P (bar)	T (°C)	t (min)	m <sub>amostra</sub> (g)	Q <sub>CO<sub>2</sub></sub>	Pré-tratamento	D <sub>p</sub> (µm)	Cossolvente	X <sub>0</sub> (%)	Referência
Pitanga	140-400	40 e 60	Estático 10 Dinâmico 120	5	6,8x10 <sup>-5</sup> kg s <sup>-1</sup>	Liofilização	376	-	0,4-1,0	Genival-Filho et al. (2008)
Pitanga	150-250	40-60	Estático 30 Dinâmico 180	12	0,0024 kg min <sup>-1</sup>	Congelamento	13720	-	0,4-0,6	Oliveira et al. (2009)
Açaí	150-490	50-70	Estático 30 Dinâmico 180	10	8,85 x 10 <sup>-5</sup> kg s <sup>-1</sup>	Liofilização	866	-	10-45	Batista et al. (2016)
Abacate	400	50	Dinâmico 210	0 - 5	2,5 g min <sup>-1</sup>	Congelamento	1220	-	60	Barros et al. (2016)

P: pressão; T: temperatura; t: tempo; m: massa; Q<sub>CO<sub>2</sub></sub>: vazão de dióxido de carbono; D<sub>p</sub>: diâmetro médio das partículas; X<sub>0</sub>: rendimento mássico considerando os resultados com extração com apenas sc-CO<sub>2</sub>.

**Fonte:** Autoras.

## SEMENTES DE FRUTAS

Na Tabela 4 é possível observar um resumo de ESC de sementes de frutas inteiras.

Lipídeos da castanha de caju foram extraídos por Soxhlet-hexano e ESC de acordo com Lameira et al. (1997). A amostra consistiu em amêndoas torradas e trituradas, de modo que 30 g foram utilizadas na extração com sc-CO<sub>2</sub> durante 180 min. O efeito da temperatura (40-80° C) e da pressão (100-170 bar)

foram avaliados. O rendimento mássico foi calculado em relação ao teor de óleo extraído pelo método convencional. Os resultados apontaram que o ensaio com as condições mais extremas promoveu o maior rendimento: 32 % a 170 bar e 80° C. Além disso, não foi constatada diferença expressiva na composição de ácidos graxos ao comparar o óleo obtido por ESC com aquele obtido por Soxhlet. Entretanto, os autores ressaltaram a facilidade de remoção do CO<sub>2</sub> da amostra, ao contrário do que acontece com o hexano.

**Tabela 4.** Extração supercrítica aplicada a sementes de frutas

Nome	P (bar)	T (°C)	t (min)	m <sub>amostra</sub> (g)	Q <sub>CO<sub>2</sub></sub>	Pré-tratamento	D <sub>p</sub> (µm)	Cossolvente	X <sub>0</sub> (%)	Referência
Castanha de caju	100-170	40-80	Dinâmico 180	-	-	Torração	-	-	4,5-32,0	Lameira et al. (1997)
Amêndoa de pêssego	150 e 250	40	Dinâmico 300-600	12	3,3 e 10 g min <sup>-1</sup>	Secagem a 30° C durante 15 h	500-3600	-	13-19	Mezzomo et al. (2009)
Goiaba	100-300	40	Estático 30 Dinâmico 120	10	-	Secagem a temperatura ambiente durante 24 h	200-500	Etanol (10 %)	0,4-1,4	Castro-Vargas et al. (2011)
Melão	300-500	40-60	Estático 30 Dinâmico 60 - 100	25	0,3-0,9 kg min <sup>-1</sup>	Secagem a 55° C durante 9 h	500	-	11-48	Maran e Priya (2015)
Melancia	200-400	60-100	-	50	5-15 g min <sup>-1</sup>	Secagem ao Sol	500-1000	Etanol (5 e 10 %)	0,05-0,5	Rai et al. (2015)
Tamarindo doce	100-240	20-0	Dinâmico 240	25	2 mL min <sup>-1</sup>	Secagem a 40° C durante 24 h	397,6	Etanol (10-75 %)	0-2,6	Reis et al. (2016)
Butiá	100-300	40-60	Dinâmico 240	15	6,6 g min <sup>-1</sup>	Secagem a 46° C durante 16 h	500	Etanol (2,5-7,5 %) e Solução aquosa de etanol (2,5 %)	0,35-13,9	Cruz et al. (2017)

P: pressão; T: temperatura; t: tempo; m: massa; Q<sub>CO<sub>2</sub></sub>: vazão de dióxido de carbono; D<sub>p</sub>: diâmetro médio das partículas; X<sub>0</sub>: rendimento mássico considerando os resultados com extração com apenas sc-CO<sub>2</sub>.

**Fonte:** Autoras

Maran e Priya (2015) compararam o óleo de semente de melão proveniente da Índia, obtido por Soxhlet-hexano e ESC, tendo sido extraída a partir de 25 g de amostra desidratada (55° C durante 9 h) e triturada (D<sub>p</sub> ≤ 500 µm). Tempo estático de 30 min foi aplicado e as condições de pressão (300-500 bar), temperatura (40-60° C), Q<sub>CO<sub>2</sub></sub> (0,3-0,9 kg min<sup>-1</sup>) e tempo (60-100 min) de extração foram estudados. O maior rendimento mássico na ESC observado (48,11 %) foi na condição de 400 bar, 50° C, 0,6 kg min<sup>-1</sup> e 80 min, tendo sido superior ao Soxhlet (46,83 %), indicando que a ESC fornece uma quantidade de óleo um pouco maior que o método convencional, mas com menores consumo de solvente e de energia. Comparativamente, o teor de ácidos graxos poli-insaturados foi maior no óleo obtido por ESC, evidenciando a qualidade superior do produto.

Reis et al. (2016) avaliaram a ESC da semente de tamarindo variedade doce proveniente da Bahia. Após a separação manual da polpa, as sementes foram desidratadas a 40° C durante 24 h (umidade=5 %) e moídas (D<sub>p</sub>= 397,6 µm). A cinética da extração foi realizada a 250 bar e 50° C durante 7h com Q<sub>CO<sub>2</sub></sub> igual a 2 mL min<sup>-1</sup>. Nos ensaios de extração global, foram avaliados a variação

da temperatura (20-50° C) e da pressão (100-240 bar). Na cinética, a etapa DCP foi atingida aos 200min de extração, mas para garantir que todo o soluto fosse extraído, o tempo para as demais extrações foi fixado em 240 min. O rendimento da ESC com sc-CO<sub>2</sub> variou entre 0-2,62 %. Com a adição de etanol como cossolvente, o rendimento aumentou para 3,47-20,27 % à medida que a sua concentração aumentava (10 a 75 %). Além disso, foi realizada ESC com etanol como solvente único (100 %), resultando em rendimento semelhante ao ensaio da ESC com CO<sub>2</sub> + 75 % de etanol, mas com maior conteúdo de CFT (471,05 mg EAG g<sup>-1</sup>) do que todas as demais extrações (4,76-420,8 mg EAG g<sup>-1</sup>), inclusive à extração convencional por Soxhlet-etanol (387,43 mg EAG g<sup>-1</sup>).

## RESÍDUOS DE FRUTAS

Na Tabela 5 é possível observar um resumo de ESC de resíduos de frutas.

Benelli et al. (2010) avaliaram extratos obtidos por diferentes técnicas de bagaço de laranja proveniente de Santa Catarina. O bagaço foi desidratado em estufa com circulação de ar a 30° C durante 24 h

(umidade=27 %) e triturado ( $D_p=597 \mu\text{m}$ ). A cinética da ESC foi realizada com 15 g de amostra, a 200 bar e 40° C por 5 h com  $Q_{\text{CO}_2}$  igual a 17 g  $\text{min}^{-1}$ . Verificou-se pela cinética que a etapa DCP (Figura 2) foi alcançada a partir de 240 min, então o tempo de 300min foi considerado apropriado para os ensaios de rendimento global, nos quais foram avaliados o efeito da pressão (100-300 bar) e da temperatura (40 e 50° C). Para comparação, extrações tipo Soxhlet, ultrassom e hidrodestilação foram realizadas com distintos solventes. O  $X_0$  dos métodos convencionais foi maior para Soxhlet-etanol (37 %) e Soxhlet-água (39,7 %), entretanto, ultrassom-água apresentou rendimento semelhante e supôs-se que a água extraiu compostos sem contribuição para a atividade antioxidante. Assim, o etanol foi escolhido como cossolvente da ESC. O rendimento das ESC com  $\text{CO}_2$  puro variou entre 0,61 e 1,42 % e com a adição do cossolvente aumentou para a faixa entre 1,7-3,0 %, mas sem diferença significativa entre as concentrações testadas de etanol (2, 5 e 8 %). Pelo método de descoloração do sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico os extratos obtidos por ESC apresentaram superioridade: atividade antioxidante entre 22-110 % em relação aos métodos convencionais (26 a 78 %), destacando a ESC a 200 bar e 50° C, cujo resultado foi igual estatisticamente ao antioxidante padrão BHT.

A ESC do bagaço de dois tipos de uva foi avaliada por Oliveira et al. (2013): *Merlot* e *Syrah*, de modo que ambos foram desidratados (32° C durante 20 h) até obter cerca de 10% de umidade e triturados. A ESC foi realizada com 25 g de amostra, entre 50-60° C, 150-300 bar, com  $Q_{\text{CO}_2}$  igual a 13 g  $\text{min}^{-1}$  durante 4 h. Etanol foi avaliado como modificador de polaridade. O rendimento mássico da ESC para ambos os tipos de uva variou ao redor de 6 % com  $\text{CO}_2$ , mas o cossolvente auxiliou a extrair cerca de 15 %, sendo igual estatisticamente aos métodos convencionais. A adição de cossolvente também aumentou substancialmente o teor de ácidos fenólicos como epicatequina, ácido gálico e ácido benzoico, mas a extração com  $\text{CO}_2$  puro foi mais eficiente na extração de ácidos tânico e vanílico para a variedade *Merlot*. Os extratos obtidos com *sc*- $\text{CO}_2$  de ambas variedades também foram eficientes em inibir o crescimento da bactéria Gram-positiva *Staphylococcus aureus*, exibindo zona de inibição maior ou igual a 9 mm, enquanto que pelo método convencional não foi observada atividade antimicrobiana.

O resíduo de mirtilo (polpa, casca e semente) oriundo do Rio Grande do Sul foi avaliado por Paes et al. (2014). Uma parte do resíduo foi liofilizado (-42° C durante 48 a 72 h), outra parte mantida fresca e outra foi desidratada em estufa (40° C durante 4 a 5 dias). A umidade do resíduo desidratado pelos dois métodos foi cerca de 11%. A extração por Soxhlet do resíduo fresco foi realizada com diferentes solventes e o maior rendimento foi obtido com etanol, o qual foi escolhido como solvente para as demais matérias-primas pelo mesmo método de extração. Os extratos e as matérias-primas foram avaliados quanto à atividade antioxidante. O extrato de Soxhlet do resíduo liofilizado apresentou resultados superiores de CFT e de DPPH, mas o re-

síduo fresco apresentou maior teor de antocianinas. Desta forma, a ESC do resíduo fresco foi realizada com  $\text{CO}_2$  puro a 40° C entre 150-250 bar. O rendimento da ESC foi ao redor de 2 % e o próximo passo foi fixar a pressão em 200 bar e avaliar diferentes cossolventes. O rendimento aumentou para 3,3-16 %. Por fim, a melhor condição foi a 200 bar e 40° C com  $\text{CO}_2$  + 5 % de água + 5 % de etanol e nela foi realizada a ESC do resíduo liofilizado e do mirtilo in natura. A ESC do resíduo fresco com cossolvente foi melhor do que a da fruta fresca e do que a do resíduo liofilizado.

Em pesquisa desenvolvida por Reátegui et al. (2014) com resíduo agroindustrial de amora (casca e semente), foi avaliada a aplicação de ondas ultrassônicas durante a ESC com o intuito de intensificar a transferência de massa durante o processo. A amostra foi desidratada em estufa a 105° C durante 4 h (umidade=5,24 %) e triturada ( $D_p=340 \mu\text{m}$ ). Métodos convencionais de extração do tipo Soxhlet e maceração foram empregados com etanol. A cinética da ESC foi realizada com 5 g de amostra e  $Q_{\text{CO}_2}$  de  $2,77 \times 10^{-4} \text{kg s}^{-1}$ . O tempo ideal de extração foi de 120 min. Foram avaliados: pressão (150-250 bar), temperatura (40-60° C) e potência do ultrassom (0-400 W). De acordo com a atividade antioxidante, a condição ótima foi 150 bar, 60° C e 200 W e nela cossolventes foram testados na ESC do resíduo fresco e do desidratado por cerca de 50min. O rendimento mássico pelo método convencional foi ao redor de 70 %, pela ESC com *sc*- $\text{CO}_2$  entre 6-9 % e com cossolvente entre 7-18 %. O teor de CFT estava entre 4-5mg EAG  $\text{g}^{-1}$  no método convencional, entre 3-4 mg EAG  $\text{g}^{-1}$  na ESC com *sc*- $\text{CO}_2$  e aumentou para 6-49 mg EAG  $\text{g}^{-1}$  na ESC com cossolvente. A atividade antioxidante pelos métodos DPPH e ABTS também melhorou na ESC com cossolvente. Foi observado que a aplicação das ondas ultrassônicas aumentou o rendimento, provavelmente devido à ruptura da estrutura celular, promovendo a liberação de compostos indisponíveis anteriormente.

Barrales et al. (2015) estudaram o resíduo agroindustrial de maracujá (polpa e sementes) proveniente de São Paulo, o qual foi desidratado em estufa a 50° C durante 24 h (umidade=3,5 %) e triturado ( $D_p=740 \mu\text{m}$ ). Soxhlet-hexano foi selecionado como método convencional. A ESC foi realizada com: 5g de amostra, tempo estático de 20min junto com a aplicação de ultrassom e extração dinâmica por 100min com  $Q_{\text{CO}_2}$  igual a  $1,75 \times 10^{-4} \text{kg s}^{-1}$ . Os efeitos da temperatura (38-53° C), da pressão (160-210 bar) e da potência do ultrassom (0-800 W) foram avaliados. O rendimento mássico variou entre 2,56-20,9 % na menor e na maior massa específica do solvente, respectivamente, o que pode explicar o aumento do poder de solvatação, destacando a condição de 40° C, 260 bar e 160 W como a que apresentou maior rendimento. Ao comparar a ESC com o método convencional, o rendimento mássico foi maior pela extração Soxhlet, mas o teor dos compostos de interesse foi 17 % maior para o  $\gamma$ -tocotrienol e 25% maior para o  $\delta$ -tocotrienol na ESC.

Garcia-Mendoza et al. (2015) analisaram o resíduo agroindustrial de manga proveniente da Colômbia constituído principalmente por casca. Após liofilização

por 48 h (umidade=8,62 %) e moagem ( $D_p=0,29$  mm), a cinética de ESC foi realizada a 300 bar e 40° C com 5 g da amostra,  $Q_{CO_2}$  igual a 1,1 L min<sup>-1</sup> durante 7,5 h. Esta foi a primeira parte da extração com o intuito de concentrar os CFT. A segunda parte correspondeu em utilizar o resíduo da ESC como matéria-prima para a extração com etanol pressurizado (EP) durante 5,5 h nas mesmas condições anteriores para manter os mesmos efeitos da pressão na estrutura da matriz. O rendimento da ESC foi de 3,15 g por 100 g enquanto que da EP foi 16

vezes maior (48,61 g por 100 g), indicando que a maior parte das substâncias foram extraídas quando o resíduo da ESC foi submetido novamente a uma extração a alta pressão, mas com fluido de polaridade diferente. Na primeira etapa foram extraídas mais substâncias apolares, uma vez que na ESC foram extraídos 5,60 mg  $\beta$ -caroteno g<sup>-1</sup> enquanto que na EP apenas 0,35 mg  $\beta$ -caroteno g<sup>-1</sup>. Por sua vez, os compostos mais polares como polifenóis e antocianinas foram encontrados em maior quantidade no extrato de EP do que no de ESC.

**Tabela 5.** Extração supercrítica aplicada a resíduos de frutas

Nome	P (bar)	T (°C)	t (min)	m <sub>amostra</sub> (g)	Q <sub>CO<sub>2</sub></sub>	Pré-tratamento	D <sub>p</sub> (µm)	Cossolvente	X <sub>0</sub> (%)	Referência
Laranja	100-300	40 e 50		15	17 g min <sup>-1</sup>	Secagem a 30° C durante 24 h	597	Etanol (2, 5 e 8 %)	0,6-1,4	Benelli et al. (2010)
Banana	100-300	40 e 50		20	5 g min <sup>-1</sup>	Secagem	428,6	-	0,6-6,9	Comim et al. (2010)
Uva	150-300	50-60		25	13 g min <sup>-1</sup>	Secagem a 32° C durante 20 h	-	Etanol (12,5 - 17,5 %)	4-6	Oliveira et al. (2013)
Mirtilo	150-250	40		-	1,05 - 1,4 x 10 <sup>-4</sup> kg s <sup>-1</sup>	Liofilização	-	Água, Água acidificada, Etanol, Solução aquosa de etanol	15-25	Paes et al. (2014)
Amora	150-250	40-60		5	2,8 kg s <sup>-1</sup>	Congelamento	340	Solução aquosa de etanol (5 e 10 %)	7-9	Reátegui et al. (2014)
Maracujá	160-210	38-53		5	1,8 kg s <sup>-1</sup>	Secagem a 50° C durante 24 h	740	2 - 20	2,6-20,9	Barrales et al. (2015)
Manga	300	40		5	1,1 L min <sup>-1</sup>	Liofilização por 48 h	290	-	3	Garcia-Mendoza et al. (2015)
Juçara	200	60		2,5	2.08 x 10 <sup>-4</sup> kg s <sup>-1</sup>	Liofilização	-	Mistura ácida de água e etanol a 10 %	-	Garcia-Mendoza et al. (2017)

P: pressão; T: temperatura; t: tempo; m: massa; Q<sub>CO<sub>2</sub></sub>: vazão de dióxido de carbono; D<sub>p</sub>: diâmetro médio das partículas; X<sub>0</sub>: rendimento mássico considerando os resultados com extração com apenas sc-CO<sub>2</sub>.

Fonte: Autoras

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com a matéria-prima avaliada, parte da fruta em questão, solvente e método de extração escolhidos para aferir sua qualidade, os extratos obtidos por extração supercrítica de frutas mostram-se superiores na maioria dos casos aos métodos convencionais em relação a atividade antioxidante e extração de compostos de interesse específicos da matéria-prima. Com relação ao aumento do rendimento de extração, avanços vêm sendo alcançados com o estudo da aplicação de ondas ultrassônicas na coluna de extração e com a adição de cossolventes para modificar a polaridade, ambos para melhorar o patamar da tecnologia supercrítica frente aos métodos convencionais.

É importante frisar que as pesquisas envolvendo a extração supercrítica são primordiais para o seu avanço em escala industrial e os resultados encontrados dão suporte para a consolidação da extração supercrítica como técnica seletiva para obtenção de compostos bioativos e com maior preservação de acordo com as condições operacionais aplicadas. Destaca-se também que os estudos de avaliação de custo para produção a

alta pressão são imprescindíveis para que a parte econômica do processo seja avaliada e comparada com os métodos convencionais. De um modo global, é importante fazer um estudo detalhado da qualidade dos extratos, do custo operacional e dos efeitos ao meio ambiente. Assim, o desenvolvimento de uma linha de processamento industrial com equipamentos acessíveis economicamente é um grande suporte para a consolidação da extração supercrítica, principalmente no Brasil, grande produtor de frutas, as quais estão sendo amplamente estudadas como pode ser verificado ao longo deste artigo, desde a fruta inteira até o seu resíduo agroindustrial.

## REFERÊNCIAS

ANDREO, D.; JORGE, N.. Antioxidantes naturais: técnicas de extração. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 24, n. 2, p. 319-336, jul./dez. 2006. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/alimentos/article/view/7489/5359>>. Acesso em: 03 jul. 2017.

- ARAÚJO, M. E. et al. Supercritical extraction of pupunha (*Guiljelma speciosa*) oil in a fixed bed using carbon dioxide. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, São Paulo, v. 17, n. 3, p. 297-306, Sept. 2000. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-66322000000300005](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-66322000000300005)>. Acesso em: 03 jul. 2017.
- BARRALES, F. M.; REZENDE, C. A.; MARTÍNEZ, J.. Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of passion fruit (*Passiflora edulis* sp.) seed oil assisted by ultrasound. **The Journal of Supercritical Fluids**, [S.l.], v. 104, p. 183-192, Sept. 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0896844615300280>>. Acesso em: 03 jul. 2017.
- BARROS, H. D. F. Q.; COUTINHO, J. P.; GRIMALDI, R.; GODY, H. T.; CABRAL, F. A.. Simultaneous extraction of edible oil from avocado and capsaicin from red bell pepper using supercritical carbon dioxide as solvent. **The Journal of Supercritical Fluids**, [S.l.], n. 107, p. 315-320, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0896844615301388>>. Acesso em: 03 jul. 2017.
- BATISTA, C. C. R. et al. Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of açai (*Euterpe oleracea*) berry oil: global yield, fatty acids, allelopathic activities, and determination of phenolic and anthocyanins total compounds in the residual pulp. **The Journal of Supercritical Fluids**, [S.l.], v. 107, p. 364-369, Jan. 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0896844615301522>>. Acesso em: 03 jul. 2017.
- BENELLI, P. Bioactive extracts of orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) pomace obtained by SFE and low pressure techniques: mathematical modeling and extract composition. **The Journal of Supercritical Fluids**, [S.l.], v. 55, n. 1, p. 132-141, Nov. 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S089684461000286X>>. Acesso em: 03 jul. 2017.
- BRUNNER, G. **Gas Extraction**: an introduction to fundamentals of supercritical fluids and the applications to separation process. Steinkopff: Darmstadt, 1994.
- CASTRO-VARGAS, H. I.; RODRÍGUEZ-VARELA, L. I.; PARADA-AFONSO, F.. Guava (*Psidium guajava* L.) seed oil Extraction with a homemade supercritical fluid Extraction system using supercritical CO<sub>2</sub> and co-solvent. **The Journal of Supercritical Fluids**, [S.l.], v. 56, p. 238-242, 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0896844610004031>>. Acesso em: 03 jul. 2017.
- CARRILHO, E.; TAVARES, M. C. H.; LANÇAS, F. M.. Fluidos supercríticos em química analítica. I. Cromatografia com fluido supercrítico: conceitos termodinâmicos. **Química Nova**, São Paulo, v. 24, n. 4, p. 509-515, 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v24n4/a12v24n4.pdf>>. Acesso em: 03 jul. 2017.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005.
- COMIM, S. R. R. et al. Supercritical fluid Extraction from dried banana peel (*Musa spp.*, genomic group AAB): extraction yield, mathematical modeling, economical analysis and phase equilibria. **The Journal of Supercritical Fluids**, [S.l.], v. 54, p. 30-37, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0896844610001154>>. Acesso em: 03 jul. 2017.
- CRUZ, P. N. et al. Antioxidant and bacterial potential of butia (*Butia catarinenses*) seed extracts obtained by supercritical fluid extraction. **The Journal of Supercritical Fluids**, [S.l.], v. 119, p. 229-237, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0896844616303436>>. Acesso em: 03 jul. 2017.
- CZAIKOSKI, K. Extraction of *Campomanesia xantocarpa* fruit using supercritical CO<sub>2</sub> and bioactivity assessments. **The Journal of Supercritical Fluids**, [S.l.], v. 98, p. 79-85, Mar. 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0896844615000285>>. Acesso em: 03 jul. 2017.
- FERREIRA, S. R. S.; MEIRELES, M. A. A.. Modeling the supercritical fluid extraction of black pepper (*Piper nigrum* L.) essential oil. **Journal of Food Engineering**, [S.l.], v. 54, n. 4, p. 263-269, Oct. 2002. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877401002126>>. Acesso em: 03 jul. 2017.
- GARCIA-MENDOZA, M. P. et al. Extracts from mango peel by-product obtained by supercritical CO<sub>2</sub> and pressurized solvent processes. **LWT – Food Science and Technology**, [S.l.], v. 62, p. 131-137, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643815000420>>. Acesso em: 03 jul. 2017.
- GARCIA-MENDOZA, M. P. et al. Extraction of phenolic compounds and anthocyanin from juçara (*Euterpe edulis* Mart.) reisdues using pressurized liquids and supercritical fluids. **The Journal of Supercritical Fluids**, [S.l.], v. 119, p. 9-16, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0896844616302583>>. Acesso em: 03 jul. 2017.
- GENIVAL FILHO, L. et al. Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of carotenoids from pitanga fruit (*Eugenia uniflora* L.). **The Journal of Supercritical Fluids**, [S.l.], v. 46, p. 33-39, 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0896844608000715>>. Acesso em: 03 jul. 2017.
- LAMEIRA, C. P.; COELHO, G. L. V.; MOTHÉ, C. G. Extração de lipídeos da amêndoa de castanha de caju com CO<sub>2</sub> supercrítico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 17, n. 4, dez. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20611997000400012&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20611997000400012&script=sci_arttext)>. Acesso em: 03 jul. 2017.

- LIU, B. et al. Optimization of extraction of evodiamine and rutaecarpine from fruit of *Evodia rutaecarpa* using modified supercritical CO<sub>2</sub>. **Journal of Chromatography A**, [S.l.], v. 1217, n. 50, p. 7833-7839, Dec. 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021967310014573>>. Acesso em: 03 jul. 2017.
- MAIA, J. D. **Avaliação de extratos bioativos de mangaba (*Hancornia speciosa*) utilizando processos a baixas e altas pressões**. Florianópolis, 2016. 180 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/167815/339937.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 03 jul. 2017.
- MARAN, J. P.; PRIYA, B. Supercritical fluid extraction of oil from muskmelon (*Cucumis melo*) seeds. **Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers**, [S.l.], n. 47, p. 71-78, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876107014003083>>. Acesso em: 03 jul. 2017.
- MARTÍNEZ, J. et al. Multicomponent model to describe extraction of ginger oleoresin with supercritical carbon dioxide. **Industrial and Engineering Chemistry Research**, [S.l.], v. 42, n. 5, p. 1057-1063, 2003. Disponível em: <<http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ie020694f>>. Acesso em: 03 jul. 2017.
- MAUL, A. A. Fluidos supercríticos: situação atual e futuro da extração supercrítica. **Biociência, Ciência e Desenvolvimento**, Rio Grande do Norte, v. 11, ano 2, n. 11, 1999. Disponível em: <<http://www.biociencia.com.br/revista/bio11/fluidos.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2017.
- MAUL, A. A.; WASICKY, R.; BACCHI, E. M. Extração por fluido supercrítico. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, São Paulo, v. 5, n. 2, 1996. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-695X1996000200006](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-695X1996000200006)>. Acesso em: 15 jul. 2017.
- MELO, M. M. R.; SILVESTRE, A. J. D.; SILVA, C. M.. Supercritical fluid Extraction of vegetable matrices: applications, trends and future perspectives of a convincing green technology. **The Journal of Supercritical Fluids**, [S.l.], v. 92, p. 115-176, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0896844614000928>>. Acesso em: 15 jul. 2017.
- MEZZOMO, N.; MARTÍNEZ, J.; FERREIRA, S. R. S. Supercritical fluid Extraction of peach (*Prunus persica*) almond oil: kinetics, mathematical modeling and scale-up. **The Journal of Supercritical Fluids**, [S.l.], 51, 10-16, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S089684460900268X>>. Acesso em: 15 jul. 2017.
- OLIVEIRA, A. L.; KAMIMURA, E. S.; RABI, J. A.. Response surface analysis of extract yield and flavor intensity of Brazilian cherry (*Eugenia uniflora* L.) obtained by supercritical carbon dioxide extraction. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, [S.l.], v. 10, n. 2 p. 189-194, Apr. 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S146685640800101X>>. Acesso em: 15 jul. 2017.
- OLIVEIRA, D. A. et al. Antimicrobial activity and composition profile of grape (*Vitis vinefera*) pomace extracts obtained by supercritical fluids. **Journal of Biotechnology**, [S.l.], v. 164, p. 423-432, 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168165612006682>>. Acesso em: 15 jul. 2017.
- PAES, J.; DOTTA, R.; BARBERO, G. F.; MARTÍNEZ, J. Extraction of phenolic compounds and anthocyanins from blueberry (*Vaccinium myrtillus* L.) residues using supercritical CO<sub>2</sub> and pressurized liquids. **The Journal of Supercritical Fluids**, [S.l.], v. 95, p. 8-16, Nov. 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0896844614002277>>. Acesso em: 15 jul. 2017.
- PEREIRA, P. et al. Supercritical fluid Extraction vs conventional Extraction of myrtle leaves and berries: comparison of antioxidant activity and identification of bioactive compounds. **The Journal of Supercritical Fluids**, [S.l.], v. 113, p. 1-9, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0896844615301200>>. Acesso em: 15 jul. 2017.
- RAI, A.; MOHANTY, B.; BHARGAVA, R.. Modeling and response surface analysis of supercritical extraction of watermelon seed oil using carbon dioxide. **Separation and Purification Technology**, [S.l.], v. 141, p. 354-365, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1383586614007618>>. Acesso em: 15 jul. 2017.
- REÁTEGUI, J. L. P. et al. Extraction of antioxidant compounds from blackberry (*Rubus* sp) bagasse using supercritical CO<sub>2</sub> assisted by ultrasound. **The Journal of Supercritical Fluids**, [S.l.], v. 94, p. 223-233, Oct. 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0896844614002204>>. Acesso em: 15 jul. 2017.
- REIS, P. M. C. L. et al. Extraction and evaluation of antioxidant potential of the extracts obtained from tamarindo seeds (*Tamarindus indica*), sweet variety. **Journal of Food Engineering**, [S.l.], v. 173, p. 116-123, Mar. 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877415300492>>. Acesso em: 15 jul. 2017.
- REVERCHON, E.; MARCO, I.. Supercritical fluid extraction and fractionation of natural matter. **The Journal of Supercritical Fluids**, [S.l.], v. 38, n. 2, p. 146-166, Sept 2006. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0896844606001008>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

ROSA, A. Chemical composition of *Lycium europaeum* fruit oil obtained by supercritical CO<sub>2</sub> extraction and evaluation of its antioxidant activity, cytotoxicity and cell absorption. **Food Chemistry**, [S.l.], v. 230, p. 82-90, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814617303850>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

SILVA, R. P. F.; ROCHA-SANTOS, T. A. P.; DUARTE, A. C.. Supercritical fluid Extraction of bioactive compounds. **Trends in Analytical Chemistry**, [S.l.] v. 76, p. 40-51, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165993615300625>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

SMITH, J. M.; VAN NESS, H. C.; ABBOTT, M. M. **Introdução à Termodinâmica para Engenharia Química**. 7. ed. São Paulo: McGRAWHILL, 2005.

VIGANÓ, J.; ZABOT, G. L.; MARTÍNEZ, J.. Supercritical fluid and pressurized liquid extractions of phytonutrients from passion fruit by-products: economic evaluation of sequential multi-stage and single-stage processes. **The Journal of Supercritical Fluids**, [S.l.], v. 122, p. 88-98, 2017. Disponível em:< <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0896844616303588>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

ZAGHDOUDI, K. et al. Response surface methodology applied to Supercritical Fluid Extraction (SFE) of carotenoids from Persimmon (*Diospyros kaki* L.). **Food Chemistry**, [S.l.], v. 08, p. 209-219, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814616304782>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

## ● CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

# ACEITAÇÃO SENSORIAL DE PÃO DE FORMA A BASE DE FARINHA DE SORGO

*Emiliano Nascimento Pereira<sup>1</sup>; Davi Augusto de Lima Guimarães<sup>2</sup>; Gislaíne Fernandes<sup>3</sup>;  
Luciene Alves<sup>4</sup>; Juliana Carolina de Oliveira<sup>5</sup>; Fernanda Barbosa Borges Jardim<sup>6</sup>.*

**RESUMO:** Novas alternativas para produtos panificáveis têm sido buscadas em substituição à farinha de trigo, destinadas ao público celíaco ou para pessoas que buscam uma alimentação diferenciada. O objetivo deste estudo foi avaliar sensorialmente pães de forma elaborados a partir de farinhas de sorgo. Foram desenvolvidas quatro formulações de pães de forma sem glúten a partir das proporções base de farinhas: 0% de sorgo e 100% de arroz (controle); 33,33% de sorgo e 66,66% de arroz; 66,66% de sorgo e 33,33% de arroz; 100% de sorgo. A farinha de sorgo destinada à alimentação humana foi cedida por empresa mineira de produtos panificáveis e foram analisadas quanto aos parâmetros pH, acidez titulável, umidade, cinzas, proteínas, lipídios e fibra bruta. Os carboidratos foram obtidos por diferença e a atividade de água foi obtida através do aparelho Aqualab. Os pães de forma foram analisados quanto aos atributos sensoriais, por meio dos testes de aceitação e de intenção de compra. A amostra com 100% sorgo foi a que obteve melhores resultados para os atributos sabor e textura e apresentou uma intenção de compra de 45%, enquanto a formulação com 0% de sorgo apresentou uma intenção de compra de 28%. O índice de aceitabilidade geral dos pães com adição de farinha de sorgo foi de 67,03%, valor próximo ao mínimo estabelecido como satisfatório (70%). A adição de farinha de sorgo em maiores proporções influenciou positivamente os resultados de aceitação dos pães, indicando que o sorgo tem potencial para ser utilizada no setor de panificação.

**Palavras-chave:** Aceitação sensorial. Celíaco. Cereais. Panificação.

## SENSORY ACCEPTANCE OF BREAD SUCCESSFULLY BASED ON SORGHION FLOUR

**ABSTRACT:** New alternatives for bread products have been sought instead of wheat flour, intended for the celiac public or for people seeking a differentiated diet. The objective of this study was to evaluate sensorially shaped breads prepared from sorghum flour. Four formulations of gluten-free breads were developed from the base proportions of flour: 0% sorghum and 100% rice (control); 33.33% sorghum and 66.66% rice; 66.66% sorghum and 33.33% rice; 100% sorghum. Sorghum flour intended for human consumption was supplied by a bread-making company and analyzed for pH, titratable acidity, moisture, ash, protein, lipids and crude fiber parameters. Carbohydrates were obtained by difference and the water activity was obtained through the Aqualab apparatus. Form breads were analyzed for sensory attributes, through acceptance and purchase intention tests. The 100% sorghum sample had the best results for the flavor and texture attributes and presented a 45% purchase intention, while the formulation with 0% of sorghum presented a purchase intention of 28%. The general acceptability index of breads with addition of sorghum flour was 67.03%, close to the minimum established as satisfactory (70%). The addition of sorghum flour in greater proportions positively influenced the acceptance results of the breads, indicating that the sorghum has potential to be used in the bakery sector.

**Keywords:** Sensory acceptance. Celiac. Cereals. Baking.

<sup>1</sup>Graduado em Tecnologia em Alimentos. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM), *campus* Uberaba, Uberaba, MG, Brasil. Email: [emilianoalimentos@gmail.com](mailto:emilianoalimentos@gmail.com)

<sup>2</sup>Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM), *campus* Uberaba, Uberaba, MG, Brasil. [davi@iftm.edu.br](mailto:davi@iftm.edu.br).

<sup>3</sup>Doutora em Engenharia Química. Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM), *campus* Uberaba, Uberaba, MG, Brasil. [gislaine@iftm.edu.br](mailto:gislaine@iftm.edu.br).

<sup>4</sup>Doutora em Educação. Professora da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM), *campus* Uberaba, Uberaba, MG, Brasil. [lucienealves@nutricao.uftm.edu.br](mailto:lucienealves@nutricao.uftm.edu.br).

<sup>5</sup>Graduanda em Nutrição. Universidade Federal do Triângulo Mineiro do Triângulo Mineiro (UFTM), *campus* Uberaba, Uberaba, MG, Brasil. Email: [julianacdeoliveira@live.com](mailto:julianacdeoliveira@live.com).

<sup>6</sup>Doutora em Alimentos e Nutrição. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM), *campus* Uberaba, Uberaba, MG, Brasil. [fernanda.jardim@iftm.edu.br](mailto:fernanda.jardim@iftm.edu.br).

## INTRODUÇÃO

O sorgo é uma espécie bastante versátil, atendendo diversos segmentos do mercado agrícola mundial. A grande variabilidade entre os tipos de sorgo torna a cultura especial, por ser capaz de atender a diversos mercados, interesses e necessidades (MAY *et al.* 2013).

Segundo dados da CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento (BRASIL, 2017), a área de produção mundial em 2015/2017 de sorgo foi de 43 milhões de hectares, sendo o mercado norte-americano o maior produtor. A produção de sorgo no Brasil, na safra 2016/2017, atingiu o patamar de 2 milhões de toneladas.

Embora a produção deste grão seja alta, não é comumente incluído na dieta dos brasileiros, sendo usado quase exclusivamente para forragem animal. Acredita-se que o sorgo não é consumido por motivos sensoriais (VÁZQUEZ-ARAÚJO *et al.*, 2012). Nas décadas de 80 e 90, estudos nacionais mostraram que diversos tipos de farinhas mistas, incluindo sorgo e trigo, podem ser utilizadas na panificação, com pouca alteração na qualidade do produto. Na ocasião, a Embrapa Milho e Sorgo, em parceria com a Embrapa Agroindústria de Alimentos, chegou a desenvolver uma linha de pesquisa com o objetivo de identificar e avaliar genótipos de sorgo que pudessem atender a esse mercado (SCHAFFERT, 1986; QUEIROZ *et al.*, 2009).

Por apresentar elevado valor nutritivo, o sorgo apresenta características tecnológicas favoráveis ao desenvolvimento de novos produtos, em preparações alimentícias, usualmente elaboradas com o trigo e o milho (MARTINO *et al.*, 2014). O interesse no uso do sorgo na alimentação humana é crescente sob novo ponto de vista, considerando o efeito protetor dos seus nutrientes e fitoquímicos na saúde humana (QUEIROZ *et al.*, 2009).

O sorgo, por ser isento de glúten, apresenta potencial como ingrediente na fabricação de produtos panificáveis para indivíduos celíacos. No Brasil, cerca de dois milhões de pessoas têm a doença celíaca (intolerância ao glúten), segundo a Fenacelbra (Federação Nacional das Associações de Celíacos do Brasil). O mercado de produtos sem glúten está crescendo muito rápido e até 2020, o segmento deve crescer 32% e, por consequência, os preços devem cair. O sorgo e a farinha de arroz são dois bons exemplos de substitutos ao glúten (DATAMARK, 2016).

Ferreira *et al.* (2009) desenvolveram formulações de cookies de chocolate utilizando farinhas mistas de sorgo (50-100%) e arroz (0-50%). As formulações que apresentaram características sensoriais satisfatórias foram as que continham 58 e 67% de farinha de sorgo.

Os atributos sensoriais aparência, dureza, tamanho, volume, arenosidade, mastigabilidade, crocância, doçura, sabor de chocolate, amargor residual e qualidade global dos cookies com 58 e 67% de farinha de sorgo em relação ao comercial (cookies a base de farinha de trigo) não apresentaram diferenças estatísticas significativas em nível de 5%, com exceção da cor e odor. Os resultados foram favoráveis ao uso da farinha mista com sorgo na elaboração de cookies sem glúten.

Apesar dos consideráveis avanços para o desenvolvimento de produtos livres de glúten, os desafios tecnológicos são amplos com a utilização de outras fontes de grãos, principalmente pelas propriedades do glúten, que são importantes no processamento de pães (CAPRILES *et al.*, 2015).

Uma pesquisa desenvolveu pães isentos de glúten e observaram que a adição de farinha de sorgo não reduziu a preferência sensorial por parte dos julgadores (YOUSIF *et al.*, 2012). Pães são os produtos mais estudados entre os produtos isentos de glúten. Entretanto, os aspectos sensoriais desejáveis para pães isentos de glúten são uma necessidade para o público celíaco (NASCIMENTO *et al.*, 2014) como textura e sabor.

O objetivo deste estudo foi avaliar a aceitação sensorial e intenção de compra de pão de forma elaborado com farinha de sorgo.

## MATERIAL E MÉTODOS

A farinha de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) destinada à alimentação humana foi cedida por empresa de produtos panificáveis localizada no estado de Minas Gerais. A farinha de sorgo foi caracterizada em triplicata quanto às propriedades físico-químicas e químicas, pH, umidade, cinzas, proteínas, lipídeos e fibra bruta (INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL, 2008). Carboidratos foram obtidos por diferença. Atividade de água foi mensurada pelo analisador de atividade de água *Aqualab* 4TE, conforme instruções do fabricante.

Foram elaboradas quatro formulações de pães de forma a partir da farinha de sorgo nas proporções de 0%, 33,33%, 66,66% e 100% de farinha de sorgo (Tabela 1). A farinha de arroz (*Maninho*®) foi utilizada como complemento da formulação (para completar 100% de farinha nos pães). A composição química da farinha de arroz correspondeu a 78% de carboidratos, 6% de proteínas e 1,4% de fibra alimentar, conforme tabela nutricional disponível no rótulo desta farinha.

Os ingredientes utilizados foram: água, açúcar refinado (*Guarani*®), margarina (*Qualy*®), sal refinado (*Lebre*®), melhorador de farinha (*Itapan*®) e fermento biológico seco (*Fleischmann*®).

**Tabela 1.** Lista de ingredientes das formulações de pães de forma sem glúten a partir de farinha de sorgo e/ou farinha de arroz.

Ingredientes (g)	F <sub>0</sub>	F <sub>33</sub>	F <sub>66</sub>	F <sub>100</sub>
Farinha de arroz	1000	666,66	333,33	0
Farinha de sorgo	0	333,33	666,66	1000
Água*	750	750	750	750
Açúcar*	60,7	60,7	60,7	60,7
Gordura*	30,5	30,5	30,5	30,5
Sal*	10,7	10,7	10,7	10,7
Melhorador de farinha*	10,5	10,5	10,5	10,5
Fermento*	10,0	10,0	10,0	10,0

F<sub>0</sub> = formulação de pão com 0% de farinha de sorgo; F<sub>33</sub> = formulação de pão com 33,33% de farinha de sorgo; F<sub>66</sub> = formulação de pão com 66,66% de farinha de sorgo; F<sub>100</sub> = formulação de pão com 100% de farinha de sorgo. \*porcentagem do ingrediente em relação a 1000 gramas de farinha (arroz e/ou sorgo).

Fonte: Adaptada de Phattanakulkaewmorie *et al.* (2011).

Para o preparo dos pães de forma, procedeu-se conforme descrito por Phattanakulkaewmorie *et al.* (2011), com modificações. No preparo, todos os ingredientes foram quantificados em balança digital e misturados em um recipiente próprio na seguinte ordem: farinha de sorgo e/ou farinha de arroz, açúcar, margarina e fermento biológico seco. Realizou-se a adição de água e homogeneizou-se, até a massa ficar elástica e uniforme, sendo o sal adicionado posteriormente. O produto foi acondicionado em formas próprias para pão de forma de 400 gramas, de dimensões internas de 24 x 10,5 cm e aguardou-se o tempo de duas horas para o término da fermentação em condições de temperatura ambiente. As formas foram levadas em seguida a um forno a gás em temperatura de 180 °C±1°C por 50 minutos.

## Análise sensorial

A análise sensorial dos pães de forma foi realizada após aprovação pelo Comitê de Ética da Universidade Federal do Triângulo Mineiro - UFTM, sob no CAAE 43948015.7.0000.5154 no Laboratório de Análise Sensorial do IFTM - *campus* Uberaba. O julgador, após esclarecimentos, antes de realizar a análise sensorial, leu e assinou o Termo de Consentimento Livre.

Amostras em formato retangular (2 x 3 cm) de aproximadamente 20 gramas foram servidas a temperatura ambiente (20 - 22°C), sendo codificadas com números de três dígitos aleatórios. As amostras foram apresentadas na ordem balanceada de forma monádica em cabines individuais a 77 julgadores não treinados, sendo composto de alunos e servidores do IFTM - *campus* Uberaba. Entre as amostras, foi servido um copo de água para que os julgadores pudessem fazer limpeza do palato.

Realizou-se teste de aceitação utilizando escala hedônica estruturada de 9 pontos, variando de: "gostei muitíssimo" (nota 9) a "desgostei muitíssimo" (nota 1), com avaliação dos seguintes atributos: aparência, textura, cor, odor e sabor. Na mesma ficha, foi proposto o teste de intenção de compra através da escala de atitude de 5 pontos, variando de: "certamente compraria" (nota 5) a "certamente não compraria" (nota 1) (MEILGAARD *et al.*, 1991; IAL, 2008).

Para avaliar a aceitação do produto, calculou-se o índice de aceitabilidade (IA) de acordo com a fórmula descrita por Bispo *et al.* (2004), sendo o mesmo considerado como boa aceitação, quando o resultado de IA foi maior ou igual a 70%.

## Análise estatística

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados para os testes de aceitação sensorial. Os resultados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA), seguida do teste de Scott-Knott a 5% de significância, utilizando-se o ASSISTAT como software. Para a intenção de compra, os resultados foram tabulados em porcentagem, variando de: "eu certamente não compraria" até "eu certamente compraria o produto".

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das propriedades físico-químicas da farinha de sorgo utilizada como matéria-prima para os pães de forma podem ser visualizados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Propriedades químicas e físico-químicas da farinha de sorgo utilizada como matéria-prima para os pães de forma.

Parâmetros químicos	Quantidade (%)
Carboidratos	72,32±0,67
Umidade	12,51±0,05
Proteínas	9,52±0,03
Lipídeos	3,04±0,02
Fibra Bruta	1,53±0,02
Cinzas	1,22±0,02
<b>Parâmetros físico-químicos</b>	
pH	6,08±0,02
Atividade de água	0,56±0,01

Fonte: Autores.

O teor de umidade da farinha de sorgo enquadrou-se abaixo do valor máximo (15%) estipulado para umidade em farinhas pela Resolução RDC ANVISA/MS nº 263, de 22 de setembro de 2005, que estabelece o Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos,

farinhas e farelos (BRASIL, 2005), o que torna a mesma adequada para uso em produtos alimentícios.

Segundo Morita (2002), de forma geral, a farinha de trigo é composta de amido (70 a 75%), água (12 a 14%), proteínas (8 a 16%) e outros constituintes menores, como polissacarídeos não amiláceos (2 a 3%), lipídeos (2%) e cinzas (1%). Foi possível perceber que, em comparação à farinha de trigo, a farinha de sorgo apresentou resultados semelhantes ao que se referem ao teor de umidade, carboidratos, proteínas e cinzas. Uma variação pode ser observada para lipídios, entretanto os valores são próximos.

Conceição *et al.* (2009) realizaram um estudo com oito variedades de sorgo para alimentação humana. Os valores foram próximos ao encontrado neste estudo, com valores médios de carboidratos (73,56%), proteínas (10,61%), lipídios (2,63%), cinzas (1,47%) e umidade (12,05%).

Os resultados médios do teste de aceitação nas amostras de pão sem glúten com diferentes proporções de farinha de sorgo podem ser visualizados a partir da Tabela 3.

**Tabela 3.** Resultados sensoriais da aceitação de diferentes formulações de pães de forma a base de farinha de sorgo.

Atributos	Amostras			
	F <sub>0</sub>	F <sub>33</sub>	F <sub>66</sub>	F <sub>100</sub>
Aparência	6,31a	6,12a	6,63a	6,30a
Textura	5,46b	5,14b	5,71b	6,42a
Cor	6,10a	6,28a	6,71a	6,18a
Odor	5,33b	6,25a	6,55a	6,55a
Sabor	4,05b	4,63b	5,30a	5,77a
<b>Média</b>	<b>5,45</b>	<b>5,68</b>	<b>6,18</b>	<b>6,24</b>

As médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significâncias ( $p > 0,05$ ). F<sub>0</sub> = formulação de pão com 0% de farinha de sorgo; F<sub>33</sub> = formulação de pão com 33,33% de farinha de sorgo; F<sub>66</sub> = formulação de pão com 66,66% de farinha de sorgo; F<sub>100</sub> = formulação de pão com 100% de farinha de sorgo.

**Fonte:** Autores.

No que se refere aos atributos aparência e cor, nenhum dos tratamentos apresentou diferenças estatísticas entre si ( $p > 0,05$ ). Em relação à aparência, os avaliadores gostaram ligeiramente das amostras, apresentando a média de 6,34 entre as referidas amostras. Os avaliadores nem gostaram e nem desgostaram da cor das amostras de pães, demonstrando que diferentes proporções de farinha sorgo não interferiram na preferência.

Já para a textura, o tratamento F<sub>100</sub> diferiu dos demais ( $p < 0,05$ ), apresentando a maior nota no quesito, com 6,42, e a menor nota foi a F<sub>33</sub>, com 5,14. Para as formulações de pães de forma que continham a farinha de arroz (F<sub>0</sub>, F<sub>33</sub> e F<sub>66</sub>), os avaliadores nem gostaram, nem desgostaram das amostras em relação à textura. Já para amostra com 100% de farinha de sorgo, o público gostou ligeiramente, indicando que a farinha de sorgo conferiu propriedades desejáveis de textura ao pão de forma.

Embora a farinha de sorgo não possua uma alta quantidade de proteínas (9,5%), a mesma apresenta uma quantidade maior da que continha no rótulo da farinha de arroz (6,0%) utilizada nas formulações. É provável que a proteína do sorgo contribuiu significativamente para a textura e para interação entre as moléculas, o que pode explicar a preferência dos julgadores pela formulação F<sub>100</sub>. Uma característica primária atribuída ao sorgo é a interação entre os seus componentes, amido e proteínas (WONG *et al.*, 2009; TAYLOR, EMMAMBUX, 2010). Os grânulos do amido do sorgo estão firmemente empacotados e envoltos pelas proteínas formando uma matriz (DUODU *et al.*, 2003).

As amostras F<sub>66</sub> e F<sub>100</sub> apresentaram as maiores notas para o atributo sabor (5,30 e 5,77, respectivamente) e não diferiram entre si; porém, diferiram das demais. As amostras F<sub>66</sub> e F<sub>100</sub> apresentaram resultados que indicaram que os avaliadores nem gostaram, nem desgostaram das amostras. Quanto às amostras F<sub>0</sub> e F<sub>33</sub>, o público desgostou ligeiramente. A presença da farinha de sorgo, em maior proporção nos pães, apresentou propriedades sensoriais mais positivas do que as formulações com maior proporção de farinha de arroz.

As amostras F<sub>33</sub>, F<sub>66</sub> e F<sub>100</sub> apresentaram as maiores médias para o atributo odor, sem diferenças entre si, mas com diferenças em comparação com a amostra controle. Percebeu-se que a presença da farinha de sorgo é desejável nas formulações dos pães sem glúten, diferentemente de uma formulação com 100% de farinha de arroz.

A farinha de arroz é um produto versátil, e é uma das mais indicadas para produzir produtos sem glúten (SIVARAMAKRISHNAN *et al.*, 2004). No entanto, cereais sem glúten, como o arroz, não preenchem as necessidades indispensáveis para processar produtos fermentados panificáveis, pois, quando a farinha de arroz é amassada com água, não ocorre a formação de uma massa viscoelástica que retém o CO<sub>2</sub> e, consequentemente, o produto resultante tem baixo volume específico e apresenta características muito distintas do pão de trigo (STORCK *et al.*, 2009).

Estudo de Yousif *et al.* (2012), que avaliaram a aceitação sensorial de formulações de pães com farinha de sorgo (branco ou vermelho) em relação ao pão controle (farinha de trigo), a formulação contendo 30% de farinha de sorgo branco apresentou resultados superiores para os atributos aparência e cor e os resultados foram também superiores quanto aos atributos sabor e textura para formulações contendo 30% de farinha de sorgo branco, 40% de farinha sorgo vermelho e 50% de farinha de sorgo vermelho. A adição de farinha de sorgo na formulação dos pães não reduziu a aceitabilidade sensorial do produto, como também constatado no presente estudo.

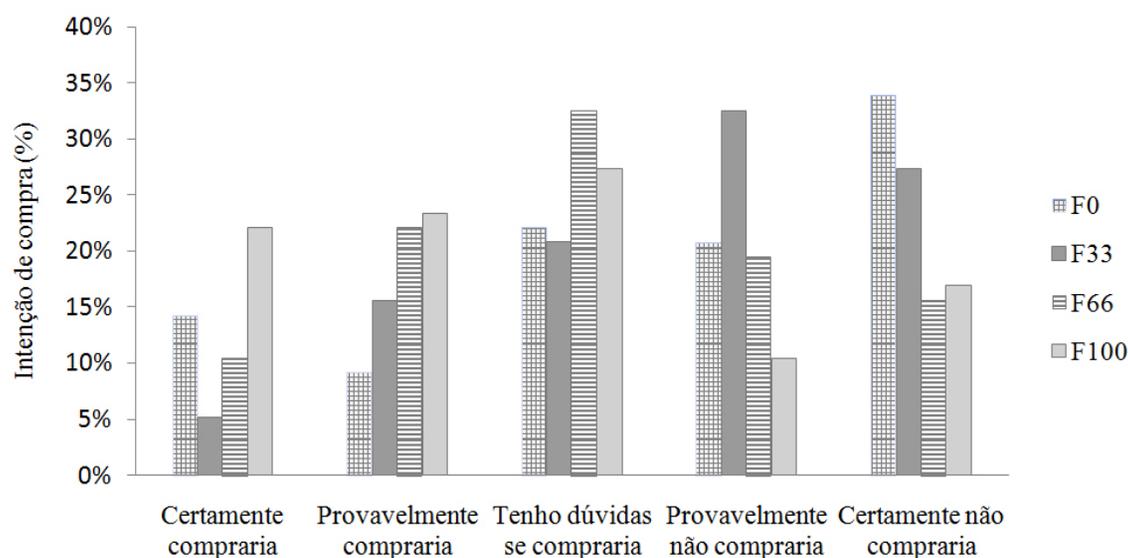
O índice de aceitação das formulações de pães com farinha de sorgo encontrado neste trabalho, considerando a média geral dos atributos de todos os tratamentos, foi de 67,03%, que na escala de aceitação global, indicou que os avaliadores gostaram

ligeiramente. O produto ficou ligeiramente abaixo de 70%, considerado o valor percentual mínimo ideal de aceitabilidade de um produto.

Em um estudo realizado por Pereira *et al.* (2013), desenvolveram pão sem glúten, com batata e creme de arroz e enriquecido com chia, o índice de aceitabilidade foi de 89% e a intenção de compra de 78%, valores superiores ao deste estudo. Franco (2015) desenvolveu um pão sem glúten com farinha de arroz e de batata doce. O índice de aceitabilidade (IA) do produto foi de 80,3% e a intenção de compra foi de 63%.

Ferreira *et al.* (2009) desenvolveram cookie com farinha de sorgo, farinha de arroz e amido de milho, em substituição à farinha de trigo, sendo duas formulações com diferentes concentrações de sorgo e a amostra controle correspondeu a um cookie tradicional (com farinha de trigo) do mercado. O estudo mostrou que os cookies não se diferenciaram em nenhum dos atributos. Ou seja, o sorgo pode ser usado para a produção de produtos em substituição ao glúten, sem gerar uma diferença no que se refere à análise sensorial. Na Figura 1, encontram-se os resultados médios de intenção de compra das amostras de pães de forma sem glúten.

**Figura 1.** Resultados da intenção de compra de diferentes formulações de pães de forma a base de farinha de sorgo.



F<sub>0</sub> = formulação de pão com 0% de farinha de sorgo; F<sub>33</sub> = formulação de pão com 33,33% de farinha de sorgo; F<sub>66</sub> = formulação de pão com 66,66% de farinha de sorgo; F<sub>100</sub> = formulação de pão com 100% de farinha de sorgo.

**Fonte:** dados dos autores.

A amostra F<sub>100</sub> foi a que apresentou a maior intenção de compra positiva, com 45% dos julgadores que certamente ou provavelmente comprariam o produto, e o menor índice de intenção de compra negativa (27,3%) em relação às demais formulações. Os resultados indicaram que esta formulação, contendo farinha de sorgo na proporção de 100%, apresentou atitude de compra com percentual considerável (Figura 1).

A formulação F<sub>66</sub> apresentou intenção positiva, com 33% dos julgadores que certamente ou provavelmente comprariam o produto e o mesmo índice foi obtido para o termo tenho dúvidas se compraria. Percebeu-se que os julgadores mostraram atitude positiva/indiferente para esta formulação (Figura 1).

A amostra F<sub>33</sub> (59,8%) foi a que apresentou a menor intenção de compra positiva, seguida da amostra F<sub>0</sub> (54,58%). Os resultados da intenção de compra foram compatíveis com os resultados dos testes de aceitação. Embora os pães não tenham apresentado uma intenção de compra elevada, foi possível notar que a adição de farinha de sorgo aumentou consideravelmente a intenção

de compra, sendo, portanto, um indicativo de que este ingrediente pode ser uma alternativa viável para o desenvolvimento de pães sem glúten.

A presença de farinha de sorgo, em maiores proporções nos pães de forma, resultou em características sensoriais de aceitação e intenção de compra mais elevadas, conforme percebidas pelos julgadores (Tabela 3 e Figura 1). Somente os atributos cor e aparência não apresentaram diferenças entre as formulações (Tabela 3).

O sorgo desponta como uma alternativa altamente viável para o uso na alimentação humano em razão, principalmente, de quatro fatores: não possuir glúten; apresentar valor nutricional semelhante ao milho, porém o sabor é neutro; apresentar menor custo de produção, vislumbrando a possibilidade de redução dos custos na indústria alimentícia; apresentar uma variedade de compostos bioativos com elevada capacidade antioxidante com potencial para desenvolvimento de produtos com apelo funcional (QUEIROZ *et al.*, 2009).

Desta forma, são pertinentes mais estudos de desenvolvimento de pães sem glúten com ênfase no incremento dos atributos textura e sabor. A quantidade de água na massa, tempo de cocção e temperatura ainda são parâmetros que necessitam de mais testes para se chegar ao ideal, bem como a combinação de farinhas ou melhoradores que possam contribuir para a qualidade do produto final.

## CONCLUSÕES

As formulações de pães sem glúten, com adição de farinha de sorgo, apresentaram bons resultados sensoriais nos testes de aceitação, especialmente nos atributos textura, odor e sabor e apresentaram intenção de compra positiva nas formulações com maior proporção de farinha de sorgo.

Entretanto, para se chegar ao padrão sensorial equivalente aos pães com glúten, são necessários mais estudos com a farinha de sorgo, como testes de novos aditivos ou formas de processamento alternativas, que podem incrementar os atributos sensoriais dos pães sem glúten – o que permanece em aberto para outros estudos.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à FAPEMIG pela concessão de bolsa de iniciação científica ao autor e à Empresa NHD FOODS, pela doação da farinha de sorgo.

## REFERÊNCIAS

- BISPO, E. S. *et al.* Processamento, estabilidade e aceitabilidade de marinado de vongole (Anomalocardia brasiliana). **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, [S.l.], v. 24, n. 3, p. 353-356, 2004.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. **Conjuntura Mensal**, [Brasília], jan. 2017. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17\\_02\\_09\\_14\\_48\\_20\\_conjuntura\\_sorgo\\_janeiro\\_-\\_2017\\_-\\_2.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_02_09_14_48_20_conjuntura_sorgo_janeiro_-_2017_-_2.pdf)>. Acesso em: 03 jun. 2017.
- BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. Resolução RDC ANVISA/MS nº 263, de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico Para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, Seção 1, 23 set. 2005.
- CAPRILES, V. *et al.* Innovative approaches to improve nutritional and bioactive compounds of grain-based gluten-free products. In: LANGDON, R. (Ed.), **Gluten-free Diets: Food Sources, Role in Celiac Disease and Health Benefits**. New York: Nova Science Publishers, 2015. p. 67-116.
- CONCEIÇÃO, L. L. *et al.* Caracterização nutricional tecnológica de cultivares de sorgo (sorghun bicolor) destinadas a alimentação humana. In: CONGRESSO MINEIRO DE ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO, 3., 2009, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: UFOP, 2009.
- DATAMARK. **Produtos sem glúten ganham espaço no Brasil e devem ficar mais baratos**. [S.l. : s.n.], 2016. Disponível em: <<https://www.datamark.com.br/noticias/2016/6/produtos-sem-gluten-ganham-espaco-no-brasil-e-devem-ficar-mais-baratos-206242>>. Acesso em: 18 jan. 2018.
- DUODU, K. G. *et al.* Factors affecting sorghum protein digestibility. **Journal of Cereal Science**, [S.l.], v. 38, n. 2, p. 117-131, 2003.
- FERREIRA, S. M. R. *et al.* Cookies sem glúten a partir da farinha de sorgo. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, [S. l.], v. 59, n. 4, p. 433-441, 2009.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ – IAL. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. 4. ed. São Paulo: IAL, 2008. 1020 p.
- MARTINO, H. S. D. *et al.* Por que utilizar o sorgo na alimentação humana? In: KARAN, D.; MAGALHÃES, P. C. (Eds.). **Eficiência nas cadeias produtivas e o abastecimento global**. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2014. cap. 11, p. 95-114.
- MAY, A. *et al.* **Cultivo de sorgo sacarino em áreas de reforma de canaviais**. Sete Lagoas: Embrapa, 2013. (Circular técnica). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/966886/1/circ186.pdf>>. Acesso em: 27 jun. 2017.
- MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory Evaluation Techniques**. 2. ed. Flórida: CRC Press, 1991. 354 p.
- MORITA, N. *et al.* Dough and baking properties of highamylose and waxy wheat flours. **Cereal Chemistry**, [S.l.], v. 79, p. 491-495, 2002.
- NASCIMENTO, A. B. do *et al.* Gluten-free is not enough - perception and suggestions of celiac consumers. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, [S.l.], v. 65, n. 4, p. 394-398, 2014.
- PEREIRA, B. S. *et al.* Análise físico-química e sensorial do pão de batata isento de glúten enriquecido com farinha de chia. **Demetra**, [S.l.], v. 8, n. 2, p. 125-136, 2013.
- PHATTANAKULKAEMMORIE, N.; PASEEPHOL, T.; MOONGNARM A. Chemical compositions and physico-chemical properties of malted sorghum flour and characteristics of gluten free bread **World Academy of Science, Engineering and Technology**, California, v. 5, p. 09-27, 2011. Disponível em: <<http://www.waset.org/publications/13231>>. Acesso em: 27 jun. 2017.

QUEIROZ, V. A.V. et al. **O sorgo na alimentação humana**. Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, 2009. 19 p. (Circular Técnica no 133).

SCHAFFERT, R. E. Desenvolvimento de cultivares de sorgo para o uso na humana. **Informe Agropecuário**, [S.l.], v. 12, n. 144, p. 13-14, 1986.

SIVARAMAKRISHNAN, H. P.; SENGE, B.; CHATTOPADHYAY, P. K. Rheological properties of rice dough for making rice bread. **Journal of Food Engineering**, [S.l.], v. 62, n. 1, p. 37-45, 2004;

STORCK, C. R. et al. Características tecnológicas de pães elaborados com farinha de arroz e transglutaminase. **Brazilian Journal of Food Technology**, [S.l.], v. 11, p. 71-77, 2009.

TAYLOR, J. R. N.; EMMAMBUX, M. N. Developments in our understanding of sorghum polysaccharides and their health benefits. **Cereal Chemistry**, [S.l.], v. 87, n. 4, p. 263-271, 2010.

VÁZQUEZ-ARAÚJO, L.; CHAMBERS IV, E.; CHERDCHU, P. Consumer input for developing human food products made with sorghum grain. **Journal of Food Science**, [S.l.], v. 77, n. 10, p. S384-S389, 2012.

WONG, J. H. et al. Digestibility of protein and starch from sorghum (*Sorghum bicolor*) is linked to biochemical and structural features of grain endosperm. **Journal of Cereal Science**, [S.l.], v. 49, n. 1, p. 73-82, 2009.

YOUSIF, A.; NHEPERA, D.; JOHSON, S. Influence of sorghum flour addition on flat bread in vitro starch digestibility, antioxidant capacity and consumer acceptability. **Food Chemistry**, [S.l.], v. 134, p. 880-887, 2012.

## ● CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

# UM COMPILADOR PARA DEFINIÇÃO E GERAÇÃO DE NORMAS EM SISTEMAS MULTIAGENTES

*Luccas Felipe Oliveira<sup>1</sup>, Eduardo Augusto Silvestre<sup>2</sup> e Viviane Torres da Silva<sup>3</sup>*

**RESUMO:** Um agente de software é uma entidade capaz de perceber seu ambiente por meio de sensores e de agir sobre esse ambiente por intermédio de atuadores. Os agentes inteligentes podem ser classificados de acordo com a maneira que eles coletam informações e agem no ambiente. No caso de vários agentes cooperando ou disputando entre si, inseridos em um mesmo ambiente e trocando informações, chamamos esse sistema de multiagente (SMA). SMAs são sociedades autônomas, heterogêneas e podem trabalhar a fim de alcançar objetivos comuns ou diferentes. A fim de lidar com a heterogeneidade, autonomia e diversidade de interesses entre os agentes da sociedade, projetistas desses sistemas estabelecem um conjunto de normas que é usado como um mecanismo de controle social que visa possibilitar que os agentes possam trabalhar em conjunto. Dentro deste contexto, dois problemas frequentes são a representação de normas e também sua verificação e resolução de possíveis conflitos. Existem várias formas de representação de normas na literatura, mas ainda falta um consenso a respeito da sua expressividade e formalização. Os conflitos são inerentes a um sistema normativo, no qual diferentes agentes cooperam ou concorrem por um mesmo recurso. Este trabalho apresenta uma nova sintaxe para normas em SMA. Foi definida uma linguagem formal utilizando uma gramática BNF e a linguagem foi aplicada com o uso de um compilador desenvolvido neste trabalho. A linguagem pode ser utilizada como base de uma arquitetura em um SMA normativo. Como trabalhos futuros, a linguagem será utilizada para verificação de conflitos em SMA.

**Palavras-chave:** Gramática BNF, Linguagens Formais, Compiladores, Sistemas Multiagentes.

## A COMPILER FOR DEFINING AND GENERATING NORMS IN MULTI-AGENT SYSTEMS

**ABSTRACT:** A software agent is an entity capable of perceiving its environment through sensors and acting upon that environment through actuators. Intelligent agents can be classified according to the way they collect information and act on the environment. In the case of multiple agents cooperating or competing with each other, inserted into the same environment and sharing information, we call this multi-agent system (MAS). MAS are autonomous and heterogeneous societies and can work to achieve common or different goals. In order to deal with the autonomy and diversity of interests among different members of society, designers of these systems provide a set of norms that is used as a social control mechanism which enables agents to work together. Within this context, two frequent problems are the representation of norms and also their verification and resolution of potential conflicts. There are several forms of representation of norms in literature, but still there is lack of consensus about its expressiveness and formalization. The conflicts are inherent in a normative system where different agents cooperate or compete for the same resource. This paper presents a new syntax for norms in MAS. A formal language was defined using a BNF grammar and the language was applied with the use of a compiler developed in this work. The language can be used as the basis of architecture in a normative MAS. As future work, the language will be used to check conflicts in MAS

**Keywords:** BNF Grammar. Formal Languages. Compilers. Multi-agent Systems.

<sup>1</sup>Graduando em Engenharia da Computação. Instituto Federal do Triângulo Mineiro, *Campus* Avançado Uberaba Parque Tecnológico, Uberaba, MG, Brasil. [lfelippeoliveira@gmail.com](mailto:lfelippeoliveira@gmail.com)

<sup>2</sup>Doutor em Computação. Instituto Federal do Triângulo Mineiro, *Campus* Avançado Uberaba Parque Tecnológico, Uberaba, MG, Brasil. [eduardosilvestre@iftm.edu.br](mailto:eduardosilvestre@iftm.edu.br)

<sup>3</sup>Doutora em Computação. IBM Research (licença UFF), Rio de Janeiro, RJ, Brasil. [vivianet@br.ibm.com](mailto:vivianet@br.ibm.com)

## INTRODUÇÃO

Os sistemas que usam agentes vêm ganhando uma maior importância na pesquisa e na prática para o desenvolvimento de aplicações diversas nos últimos anos. Segundo Russell e Norvig (2009), um agente de software é uma entidade capaz de perceber seu ambiente por meio de sensores e de agir sobre esse ambiente por intermédio de atuadores. Os agentes inteligentes podem ser classificados de acordo com a maneira que eles coletam informações e agem no ambiente. Sistemas nos quais vários agentes cooperam ou disputam entre si, inseridos em um mesmo ambiente e trocando informações, são chamados de sistemas multiagentes (SMA) (RUSSELL; NORVIG, 2009). SMA são sociedades autônomas, heterogêneas e podem trabalhar a fim de alcançar objetivos comuns ou diferentes (WOOLDRIDGE, 2009).

A fim de lidar com a autonomia e diversidade de interesses entre os diferentes membros, o comportamento dos agentes é governado por um conjunto de normas especificado para regular suas ações (SILVA, 2008). A introdução de normas em sistemas multiagentes tem sido considerada um fator importante para garantir a eficácia dos agentes (LÓPEZ, 2003).

Em geral, normas não são aplicadas o tempo todo, mas apenas em circunstâncias especiais ou dentro de um contexto específico. Assim, as normas devem especificar as situações em que os responsáveis devem cumpri-las ou as que os responsáveis podem desconsiderá-las (LÓPEZ, 2003).

Dado que normas regulam o comportamento de agentes autônomos, esses são, portanto, livres para decidir por cumprir ou violar cada norma. A fim de influenciar o seu cumprimento, recompensas são utilizadas como forma de promover o cumprimento das normas e punições são utilizadas como meio para inibir a violação. Recompensas e punições podem estar associadas ao cumprimento de objetivos (LÓPEZ, 2003), a realização de ações ou ao estabelecimento de outras normas (SILVA, 2008).

É necessário considerar, também, que as normas de um sistema não são isoladas uma das outras. Às vezes, a ativação, desativação, cumprimento ou violação de uma norma pode levar a ativação, desativação, cumprimento ou violação de outras normas (LÓPEZ, 2003). Na literatura, esses relacionamentos são conhecidos como *interlocking* entre normas.

As normas regulam o comportamento dos agentes através da definição de obrigações, permissões e proibições, as quais indicam que eles estão obrigados, permitidos ou proibidos, respectivamente, de realizar um determinado comportamento (SANTOS NETO, 2012).

Apesar de existirem muitas pesquisas sobre sistemas multiagentes e diversas notações para representação de uma norma, sistemas multiagentes normativos ainda carecem de uma representação mais padronizada e expressiva para definição de uma norma. Essa carência se reflete em poucas linguagens e arquiteturas utilizarem normas em seu ambiente. Com

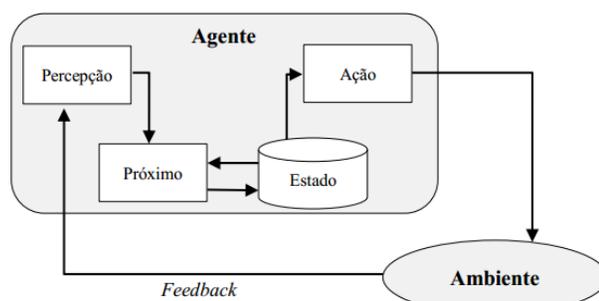
o objetivo de minimizar problemas de representação e utilização de normas, este trabalho apresenta uma nova definição de norma, baseada em Figueiredo et al. (2011) que identificaram os principais constituintes de uma norma. Dessa forma, aqui a aceção denotação é estendida como mais expressiva e definida de maneira formal utilizando a sintaxe da BNF (*Backus-NaurForm*) (BACKUS et al., 1963). Assim, um compilador foi criado para geração de objetos a partir da gramática BNF.

## REFERENCIAL TEÓRICO: Agentes e Normas

Os SMA são sistemas computacionais compostos por agentes de software que visam alcançar seus objetivos através da interação. Antes de descrever os SMA, é importante compreender as características dos agentes de software. Segundo Wooldridge (2009), um agente é um sistema computacional que está situado em algum ambiente e é capaz de executar ações de maneira autônoma. O autor afirma, ainda, que a execução dessas ações é para cumprir com os objetivos delegados ao agente. Em outras palavras, agentes de software são programas autônomos (ou autossuficientes), capazes de executar ações para atingir seus objetivos de acordo com a percepção que possuem sobre o ambiente.

A Figura 1 apresenta modelo de agente apresentado por Wooldridge (2009) sobre um determinado ambiente.

**Figura 1.** Modelo de agente.



**Fonte:** Wooldridge, 2009.

De acordo com a Figura 1, o agente recebe um *feedback* do ambiente, o qual é captado através de sensores que notam as mudanças que estão ocorrendo. Através da informação captada pelo agente, que está em um determinado estado de execução, o mesmo decide por executar (ou não) uma ação. Caso execute, os efeitos de sua ação podem alterar o ambiente a qual pode ser sentida pelo agente. Se o agente não executar uma ação a partir da percepção atual, ele pode aguardar por novas percepções.

Mesmo que autonomia seja uma característica predominante em agentes de software, entidades autônomas usualmente necessitam interagir com outros agentes para que objetivos de maior complexidade possam ser alcançados. Com isso, a interação entre agentes de software surge com a intenção de alcançar os objetivos propostos a cada agente, derivando então o conceito de SMA.

A autonomia e a heterogeneidade dos agentes de software exigem que o comportamento dos agentes seja regulado por um sistema normativo. Sistemas normativos são compostos por um conjunto de normas (ou regras) que visam instruir o agente sobre aquilo que ele pode fazer (permissão), sobre aquilo que não pode fazer (proibição) e sobre aquilo que deve ser feito (obrigação). No contexto sociológico, normas são regras que uma sociedade ou um grupo utiliza para definir comportamentos, atitudes, valores e crenças, classificando-as como apropriadas ou inapropriadas (DEUTSCH; GERARD, 1955).

No contexto de SMA, normas são o meio descritivo para governar o comportamento dos agentes em um determinado contexto e período. De acordo com Jiang, et al. (2012), as normas possuem sujeitos que devem cumpri-las. Além disso, os autores também definem normas como sendo um conjunto de “o que fazer” e “o que não fazer”. Definem também que normas são fatores dependentes do ambiente institucional no qual são aplicadas.

## REFERENCIAL TEÓRICO: Compiladores

Um compilador pode ser definido como um programa de computador que converte um código escrito em uma linguagem de programação, também conhecido como código fonte, em outro código semanticamente equivalente, que faz a mesma coisa e gera o mesmo resultado. O termo “compilado” é usualmente empregado para designar programas que traduzem o código fonte de uma linguagem de programação de alto nível para um código objeto escrito em uma linguagem de programação de baixo nível (ex: linguagem de montagem), específica para o processador que executará o código compilado.

A transformação de um programa escrito em uma linguagem de programação de alto nível em um programa equivalente em linguagem de máquina é realizada pelo compilador. Um compilador também pode realizar outros tipos de transformações como traduzir um código objeto de uma arquitetura para outra, ou mesmo traduzir um código fonte de uma linguagem para outra.

Para que essa transformação seja realizada, o processo de compilação é dividido em etapas que analisam um dado formato e o sintetizam em um novo, tipicamente partindo-se de uma sequência de caracteres do código fonte e gerando o código objeto. As etapas principais da compilação são:

- Análise léxica analisa o texto apresentado e o divide em pequenos pedaços, chamados tokens, os quais podem ser membros válidos da linguagem em que o código foi escrito. Nessa etapa, o compilador verifica a existência de inconsistências, ou seja, quando alguma parte do texto não pode ser convertida em um token válido.
- Análise sintática processa os tokens e gera uma representação intermediária (em inglês, Intermediate Representation ou IR), que pode

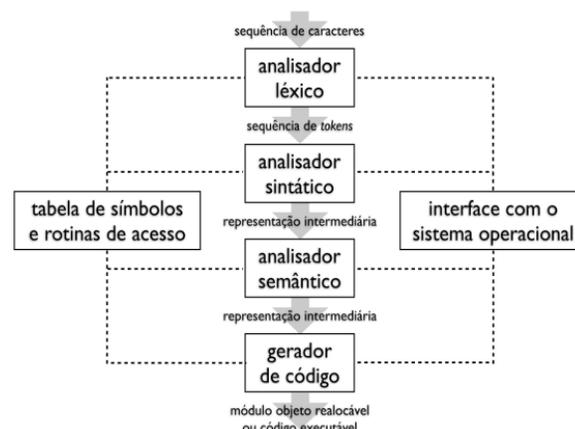
ser uma representação sintática sequencial ou em árvore abstrata (AST - Abstract Syntax Tree), além de uma tabela de símbolos formada pelos identificadores usados no programa e seus atributos. Nesse processo, o compilador verifica erros de sintaxe, os quais ocorrem quando alguma sequência de tokens não é reconhecida.

- Análise semântica processa a representação intermediária (IR) para verificar se o programa atende à semântica exigida pela linguagem de origem. Por exemplo, a verificação de todos os identificadores usados e suas respectivas declarações com os tipos compatíveis. Durante essa análise, o compilador verifica se o programa atende a todos os requisitos de semântica da linguagem usada.

A Geração de código transforma a representação intermediária em um código de máquina equivalente, o qual pode estar na forma de um módulo realocável ou diretamente em um programa executável.

Além dos componentes que realizam as quatro etapas principais descritas, a tabela de símbolos e de acesso a rotinas e uma interface com o sistema operacional também fazem parte do compilador, conforme demonstrado na Figura 2. A interface é usada para realizar a leitura e gravação de arquivos, fazer a comunicação com o usuário e facilitar a portabilidade de um compilador entre sistemas operacionais.

Figura 2. Estrutura em alto nível de um compilador simples.



Fonte: MUCHNICK, 1997.

## TRABALHOS RELACIONADOS

Normas vêm sendo amplamente usadas em SMA para lidar com a heterogeneidade, autonomia e diversidade de interesses entre os diferentes agentes. Normas descrevem o comportamento que pode ser executado, o que deve ser executado e o que não pode ser executado. Ao longo dos anos, diversos trabalhos definiram uma sintaxe para normas. Entretanto, estes trabalhos ainda não conseguiram realizar uma transição entre a teoria e prática. Este fato é comprovado na não existência de arquiteturas para sistemas multiagentes robustas que usem normas. Um dos principais motivos está relacionado a uma notação simples, pouco expressiva e não padronizada.

Na Figura 2, a primeira parte a apresenta os principais componentes comumente utilizados para representar uma norma, a segunda parte apresenta alguns dos seus principais trabalhos.

A lógica deontica (VON WRIGHT, 1951) é uma lógica modal com operadores para permissão, obrigação e proibição. Os conceitos da lógica deontica vêm sendo amplamente usados em sistemas jurídicos e normativos (MEYER; WIERINGA, 1994). Na lógica deontica, a modalidade de uma norma é chamada de conceito deontico e representa a natureza da regulação definida pela norma: proibição, permissão ou obrigação.

Não existe um consenso na literatura a respeito dos componentes que uma norma deveria ter. Entretanto, alguns componentes são comuns na maioria dos trabalhos. Uma norma: é sempre associada com um conceito deontico, regula um dado comportamento e é direcionada a uma entidade; regula uma ação atômica, uma ação complexa ou atinge um estado; é sempre associada a uma entidade que pode ser um agente, uma organização ou um papel. Adicionalmente, algumas abordagens associam a norma a um contexto que indica o escopo onde ela é definida. Outras abordagens consideram que normas podem ser associadas com condição de ativação e desativação, em que se tornam ativadas e devem ser cumpridas quando a condição de ativação é disparada e tornam-se desativas ao final desta. Para garantir o cumprimento, algumas normas especificam sanções que podem ser aplicadas aos agentes que a violam. Também podem ser definidas recompensas como forma de incentivo ao cumprimento da norma.

Alguns dos principais trabalhos encontrados na literatura são os trabalhos de Silva; Zahn (2013), Vasconcelos; Kollingbaum Norman; . (2009), Aphale; Sensoy (2013), Cholvy; Cuppens (1995), Li, et al. (2014) e Vasconcelos, Kollingbaum; Norman (2004). Em Silva; Zahn (2013), uma norma é uma tupla da forma  $\langle Deoc, c, e, a, ac, dc, s \rangle$ , onde *Deoc* é o conceito deontico; *c* é o contexto onde a norma é definida; *e* é a entidade cujo comportamento é regulado; *a* é a ação atômica; *ac* é a condição que ativa a norma (uma data); *dc* é a condição que desativa a norma (uma data); *e* é o estado da norma {cumprida, violada, nenhum}.

O trabalho de Vasconcelos; Kollingbaum; Norman (2009) representa a norma como  $\langle v, td, ta, te \rangle$ , onde *v* é da forma  $N\alpha: \rho \circ \varphi \Gamma$ ; *N* é um conceito deontico do conjunto {obrigação, proibição, permissão};  $\alpha$  é um agente identificador;  $\rho$  é um papel identificador;  $\varphi$  é fórmula atômica da lógica de primeira ordem que representa uma ação com parâmetros;  $\Gamma$  é um conjunto de restrições nas variáveis ocorrendo na fórmula atômica; *td* é o tempo onde *v* foi declarada; *ta* é o tempo quando *v* torna-se ativo; *te* é o tempo quando *v* expira. A associação entre a fórmula da primeira ordem  $\varphi$  e o conjunto de restrições  $\Gamma$  é representado como  $\varphi \circ \Gamma$ .

Em Aphale, Norman, Sensoy (2013), normas são expressas usando semântica de fórmulas conjuntivas (conjunções de asserções atômicas). Uma fórmula conjuntiva sobre uma ontologia associa variáveis usadas nas asserções (conceitos ou relações de ontologia)

com um conjunto de restrições que restringem valores que eles podem assumir. Uma norma é representada como  $\alpha \rightarrow N\chi: \rho(\lambda: \varphi)/e$ , onde  $e$  é uma condição que ativa a norma; *N* é o conceito deontico do conjunto {obrigação, permissão, proibição};  $\chi$  é a política endereçada;  $\rho$  é um papel;  $\varphi$  a ação ou estado regulado;  $e$  é a condição que desativa a norma. As condições de ativação e desativação são fórmulas da semântica conjuntiva.

Já em Cholvy; Cuppens (1995), normas são representadas na forma *Nrp*, onde *N* é um conceito deontico do conjunto {obrigação, proibição, permissão}; *r* é um papel; *p* é a ação sendo regulada. Os componentes da norma são proposições.

Em Li et al. (2014), uma norma é definida como uma tupla da forma  $\langle role, deontic, action, condition, deadline \rangle$ , onde *role* é um papel identificador; *deontic* é um conceito deontico do conjunto {obrigação, permissão, proibição}; *action* é a ação sendo regulada; *condition* é definido como  $\langle \Sigma E \rangle$ , onde  $\Sigma$  é um conjunto de estados onde a norma é aplicável e *E* é a sequência de eventos; *deadline* é um evento que define a condição de desativação da norma. Adicionalmente, obrigações e proibições podem ser associadas com sanções.

Por fim, segundo Vasconcelos, Kollingbaum; Norman (2004), a norma é representada como  $N(r; a, ac, ec)$  onde *r* é um papel; *a* é a atividade sendo regulada (ação ou estado); *ac* é a condição que desativa a norma; *ec* é a condição que desativa a norma. A condição de ativação e desativação são estados e os componentes da norma permitem parametrização.

## UMA NOVA SINTAXE PARA NORMAS

A definição de norma utilizada neste trabalho é baseada em Figueiredo; Silva; Braga (2011) que analisaram as principais estratégias encontradas na literatura para definir uma norma. De acordo com os autores, um norma proíbe, permite ou obriga uma entidade a executar uma ação em um contexto durante certo período de tempo. A diferença entre nossa definição de norma e a definição apresentada pelos autores em questão é a representação da ação sendo regulada, para quem a ação é representada por única constante (por exemplo, alcançar, entrar,...). Nossa representação é mais sofisticada e expressiva. Além disso, nós consideramos apenas ações para o comportamento, estados não são considerados. A partir de agora, será usado apenas o termo ação.

Para nossa definição de norma, considere as seguintes definições para conjuntos o conjunto *Nrm* é o conjunto de todas as normas, o conjunto *C* é o conjunto de todos os contextos, o conjunto *E* é o conjunto de todas as entidades, o conjunto *A* é conjunto de todas as ações, o conjunto *Cd* é o conjunto de todas as condições de ativação e desativação, o conjunto *O* é o conjunto de todas as organizações, o conjunto *Env* é o conjunto de todos os ambientes, o conjunto *Ag* é o conjunto de todos os agentes e o conjunto *R* é o conjunto de todos os papéis.

Uma norma  $n \in N_{nm}$  é uma tupla da seguinte forma:

$$(deoC, c, e, a, ac, dc)$$

Onde  $C$  é um conceito deontico do conjunto  $\{O, F, P\}$ , respectivamente, obrigado, proibido e permitido;  $c \in C$  é o contexto onde a norma é definida;  $e \in E$  é a entidade cujo comportamento é regulado;  $a \in A$  é a ação sendo representada;  $ac \in Cd$  indica a condição que ativa a norma e  $dc \in Cd$  é a condição que desativa a norma.

Toda norma é definida no escopo de um contexto. A entidade, cuja ação está sendo regulada deve cumprir a norma quando executa no contexto onde é definida. Neste trabalho, nós consideramos que a norma pode ser definida no contexto de uma organização  $o \in O$  ou de um ambiente  $env \in Env$ . O conjunto de todos os possíveis contextos são definidos como  $C = O \cup Env$ . Uma norma regula a ação de um agente  $a \in Ag$ , uma organização (ou grupo de agentes)  $o \in O$  ou um papel  $r \in R$ . Agentes, organizações e papéis são entidades do conjunto  $E = Ag \cup R \cup O$ .

As condições de ativação e desativação,  $ac \in Cd$  e  $dc \in Cd$ , podem ser um evento, uma data, execução de uma ação ou o cumprimento de uma norma, etc. Neste trabalho, o foco será na especificação de dados porque é mais fácil descobrir se um evento aconteceu primeiro que outro evento. Dessa forma, nós usamos símbolos matemáticos simples como  $\leq$  e  $\geq$  para indicar que um evento ocorreu antes ou depois de outro ( $\forall n \in N, ac \leq dc$ ).

Uma ação é definida pelo nome da ação  $e$ , opcionalmente, seus atributos e seus valores, um objeto onde a ação é executada e uma lista de atributos (com seus valores). Dessa forma, este artigo define quatro tipos diferentes de representações para ações:

- (i) ação;
- (ii) açãoobjeto;
- (iii) ação(atributo1 = {valor1}, atributo2 = {valor2}, ...);
- (iv) açãoobjeto (atributo1 = {value1}, atributo2 = {valor2},...).

O projetista de um SMA pode definir qualquer dos quatro tipos diferentes de normas para representar seu domínio, esses quatro tipos diferentes representam uma grande flexibilidade na criação de um SMA. Para exemplificar estes quatro tipos de descrever uma norma, considera as quatro proibições:

- (i) Na proíbe agente A de se vestir;
- (ii) Nb proíbe o agente A de vestir calça;
- (iii) Nc proíbe o agente A de vestir roupas vermelhas;
- (iv) Nd proíbe o agente A de vestir calças vermelhas.

Os comportamentos descritos nas normas são representados como:

- (i) Na: vestir;
- (ii) Nb: vestir calça;
- (iii) Nc: vestir (cor={vermelha});
- (iv) Nd: vestir calça (cor={vermelha}).

Nós propomos uma linguagem BNF normativa com o propósito de formalmente descrever a norma. A gramática é representada pela sintaxe do GOLD Parser Builder (BUILDER, 2015).

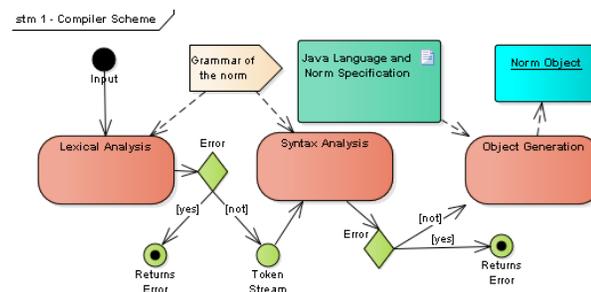
```

<norm> ::= '<'<deontic_concept>',' <action>',' <context>','
<entity>',' <activation_date>',' <deactivation_date>''
<deontic_concept> ::= 'OBLIGED' | 'FORBIDDEN' | 'PERMITTED'
<context> ::= 'ORGANIZATION' | 'ENVIRONMENT'
<entity> ::= 'AGENT' | 'ROLE' | 'ORGANIZATION' | 'ALL'
<action> ::= <action_name> |
<action_name><information_of_the_action>
<information_of_the_action> ::= <object> |
'('<attributes_and_values>')' | <object>
'('<attributes_and_values>')'
<attributes_and_values> ::= <attribute>='{<values>}' |
<attribute>='{<values>}', <attributes_and_values>
<values> ::= <value> | <value>','<values>
<action_name> ::= Identifier
<object> ::= Identifier
<attribute> ::= Identifier
<value> ::= Identifier
<activation_date> ::= <date>
<deactivation_date> ::= <date>
<date> ::= <day><month><year>
<day> ::= Numbers '/'
<month> ::= Numbers '/'
<year> ::= Numbers
Numbers = {Number}+
Identifier = {Letter}+
    
```

## COMPILADOR PROPOSTO

Nessa seção, o compilador desenvolvido é apresentado. Com a definição da gramática feita é possível construir um compilador para analisar a entrada do usuário, determinando sua validade e, caso correto, gerar um objeto. A construção do compilador proposto é dividida em análise léxica, a análise sintática e a geração do código (objeto). O compilador foi desenvolvido na linguagem Java. A Figura 3 demonstra o processo de compilação feito pelo compilador implementado.

Figura 3. Esquematização do compilador proposto.



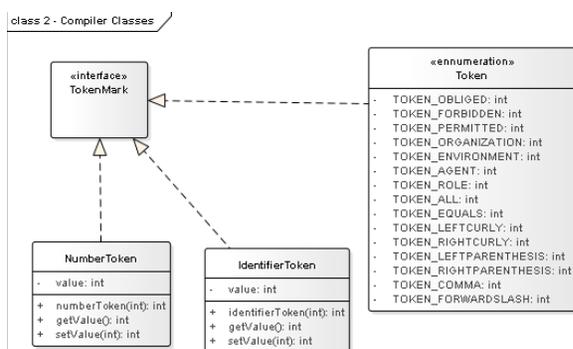
Fonte: elaborado pelos autores.

## COMPILADOR PROPOSTO: o Analisador Léxico

Como descrito anteriormente, a análise léxica recebe a entrada do usuário e converte em *tokens*, nessa implementação é descrito em termos de classes os tipos de *tokens* que serão criados, a Figura 4 apresenta em UML a relação das classes criadas para implementar a análise léxica.

As classes *NumberToken*, *IdentifierToken* e a enumeração *Token* implementam a interface *TokenMark*, que existe para indicar a existência de um *token*, isso é feito para que cada classe de *token* tenha em comum algo que as identifique como *token*. A enumeração *Token* representa os *tokens* das palavras chaves existentes na linguagem como os símbolos que ela usa. A classe *NumberToken* representa entrada numérica. A classe *IdentifierToken* representa os identificadores na linguagem.

Figura 4. Descrição de token.



Fonte: elaborada pelos autores

Ao entrar com a descrição da norma, o analisador léxico verifica se não há nenhuma inconsistência na escrita, isto é, algum erro de ortografia; após a análise, são criados os respectivos *tokens*. Os *tokens* são, então, dispostos na *TokenStream* que é uma classe responsável por permitir uma leitura sequencial dos *tokens*. *TokenStream* é passada para o próximo estágio de compilação.

## COMPILADOR PROPOSTO: o Analisador Sintático

Ao analisador sintático cabe a responsabilidade de verificar a coesão da entrada, isto é, verificar a sequencialidade lógica dos *tokens* recebidos. Para verificar se a ordem dos *tokens* está correta foi implementado uma máquina de estados.

Uma máquina de estados contém um ponto inicial, seus estados e um ponto final. Para a entrada ser considerada válida, todos os estados devem ser satisfeitos, isto é, não pode ocorrer uma transição de um estado para outro não especificado nessa máquina.

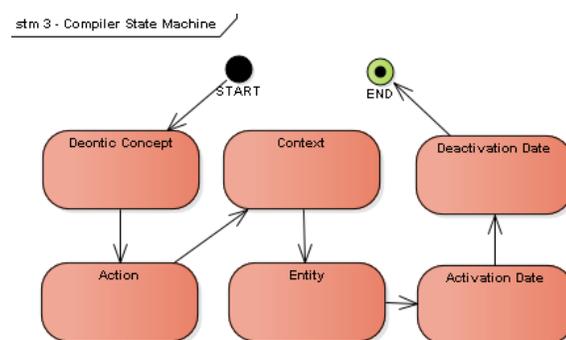
A Figura 5 representa a máquina de estado desenvolvida. Na representação o estado de "START" é a transição do estado "DEONTICCONCEPT" e o estado "END" é a transição para o estado "CONTEXT".

Como o estado de "ACTION" compreende mais estados, ele é apresentado na Figura 6.

Se a entrada conseguir ser unificada com o diagrama de estados, a entrada é válida. Assim, uma representação intermediária da norma pode ser feita. Em nível de implementação, o código intermediário é construído em cima de uma estrutura de tabela hash.

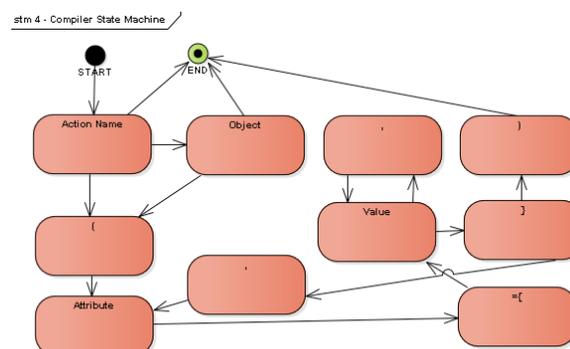
A representação contém os valores dos identificadores e *tokens*. Essa representação é posteriormente passada para a etapa de geração do código.

Figura 5. Máquina de Estados desenvolvida.



Fonte: elaborada pelos autores

Figura 6. Detalhamento do estado "ACTION".



Fonte: elaborada pelos autores

## COMPILADOR PROPOSTO: Geração do Objeto

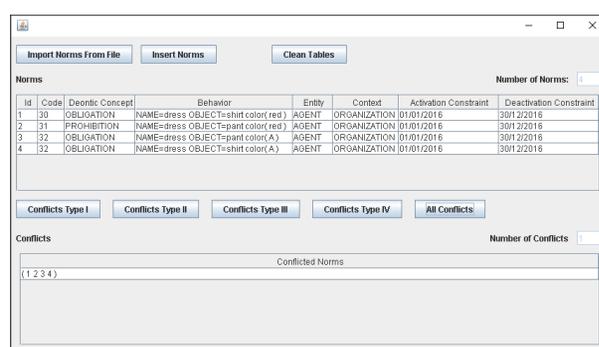
Dada a representação intermediária, realizada pela etapa de análise sintática é possível realizar a geração do código-objeto, nesse caso é realizado o instanciamento de uma classe que representa uma norma. A classe *Norm* contém todos os componentes necessário para definição das normas segundo os quatro tipos previamente definidos.

## APLICAÇÃO DO COMPILADOR

Para ilustrar a aplicação dos processos desenvolvidos no compilador, o compilador foi utilizado como parte da ferramenta MuNoCC (*Multiple Norms Conflict Checker Tool*) (SILVESTRE, 2017). Esta é uma ferramenta utilizada para verificação de diversos tipos de conflitos em SMA.

A Figura 7 apresenta uma tela da aplicação MuNoCC onde o compilador desenvolvido foi utilizado. As normas, obedecendo a gramática BNF definida neste artigo, são importadas para linhas em uma tabela. Para realizar este processo de importação, o compilador desenvolvido é utilizado e, no fim, gera objetos Java.

**Figura 7.** Tela de inserção das normas a partir da gramática.



**Fonte:** elaborada pelos autores

## CONCLUSÕES

Os sistemas multiagentes vêm ganhando maior importância nos últimos anos, tanto nas universidades quanto nas empresas. Apesar da significativa pesquisa na área, ainda existem muitos desafios a serem considerados. No caso de normas, a definição e a utilização em arquiteturas normativas de normas é um destes desafios.

Após uma extensa pesquisa na literatura, vários artigos e notações para normas foram encontrados. Entretanto, várias destas notações são pouco expressivas ou apenas aplicáveis em uma arquitetura específica.

A principal contribuição deste trabalho é a criação de uma nova sintaxe para representação de normas em sistemas multiagentes. A notação criada é mais expressiva e flexível do que as notações encontradas em trabalhos anteriores. Além disso, a notação foi formalizada através de uma gramática BNF e sua utilidade foi generalizada através da criação de um compilador e a geração de normas Java.

Como trabalhos futuros, existem duas vertentes principais: a utilização nas normas em uma arquitetura normativa e a verificação e resolução de conflitos. Como existem poucas linguagens e arquiteturas de sistemas multiagentes que incorporam normas, um trabalho futuro desafiador é incluir a notação apresentada neste trabalho em um destes ambientes. O ambiente sugerido é o JaCaMo (BOISSIER, et al., 2013).

Outra área passível de várias pesquisas sequentes ao trabalho é utilizar a sintaxe criada para verificar e resolver conflitos em sistemas normativos. Os conflitos normativos em um SMA são inevitáveis e ocorrem porque um SMA tem diversos agentes concorrendo por um mesmo recurso ou recursos relacionados. Os conflitos acontecem quando duas normas regulando o mesmo comportamento estão ativas, mas uma delas obriga (ou permite) a realização do comportamento enquanto a outra proíbe a realização do mesmo comportamento (VASCONCELOS; KOLLINGBAUM; NORMAN, 2009). Como trabalho futuro, pretende-se elaborar uma estratégia para verificação e resolução de conflitos em SMA.

## REFERÊNCIAS

- APHALE, M., NORMAN, T. J., SENSOY, M. Goal-directed policy conflict detection and prioritisation: an empirical. In: **Lecture notes in computer science**. [S.l.]: Springer, 2013. p. 87–104.
- BACKUS, J. W. et al. Revised report on the algorithm language ALGOL 60. **ACM digital library**. [S.l.], v. 6, n. 1, 1963. p. 1–17. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/366193.366201>>. Acesso em: 10 jun. 2016
- BOISSIER, O. et al. Multi-agent oriented programming with JaCaMo. In: **Science Computer Programming**, v. 78, n. 6, 2013. p. 747–761. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scico.2011.10.004>>. Acesso em: 10 jun. 2016
- BUILDER, Gold Parser. **Gold Parser Builder**. [S.l.: s.n.], 2015.
- CHOLVY, L; CUPPENS, F. **Solving normative conflicts by merging roles**: ICAIL '95, New York, NY, USA: ACM digital library, 1995. p.201–209. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/222092.222241>>. Acesso em: 10 de jun. 2016
- DEUTSCH, Morton; GERARD, Harold B. A study of normative and informational social influences upon individual judgement. In: **Journal of Abnormal & Social Psychology**, v. 51, n. 3, 1995. p. 629–636. Disponível em: <<http://dx.doi.org.arugula.cc.columbia.edu:2048/10.1037/h0046408>>. Acesso em: 10 jun. 2016
- FIGUEIREDO, Karen da Silva; SILVA, Viviane Torres da; BRAGA, Christiano de Oliveira. Modeling Norms in Multi-agent Systems with NormML. In: **COIN@AAMAS'10**, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2011. p.39–57. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2018118.2018122>>. Acesso em: 10 jun. 2016
- JIANG, J. et al. **Norm Contextualization**. [S.l.: s.n.], 2012. p.141–157. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-37756-3\\_9](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-37756-3_9)>. Acesso em: 10 jun. 2016

KOLLINGBAUM, M; NORMAN, T. Strategies for resolving norm conflict in practical reasoning. In: **ECAI Workshop Coordination in Emergent Agent Societies**, 2004. Disponível em: <[http://www.csd.abdn.ac.uk/~mkolling/publications/KollingbaumNorman\\_ECAI2004\\_WS.pdf](http://www.csd.abdn.ac.uk/~mkolling/publications/KollingbaumNorman_ECAI2004_WS.pdf)>. Acesso em: 10 de jun. 2016

LI, T. et al. Contextualized Institutions in virtual organizations. In: BALKE, Tina et al. (Orgs.). **Coordination, Organizations, Institutions, and Norms in Agent Systems IX**. Lecture Notes in Computer Science. [S.l.]: Springer International Publishing, v. 8386, 2014. p. 136-154. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-07314-9\\_8](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-07314-9_8)>. Acesso em: 10 jun. 2016

LÓPEZ, F. L. Y. **Social Power and Norms: impact on Agent Behaviour**. [S.l.: s.n.], 2003.

MEYER, J. J. C; WIERINGA, R. J. **Deontic logic in computer science: normative system specification**. [S.l.]: John Wiley and Sons Ltd., 1994.

MUCHNICK, S. S. **Advanced compiler design and implementation**. [S.l.]: Morgan Kaufmann, 1997.

RUSSELL, S; NORVIG, P. **Artificial Intelligence: a modern approach**. 3. ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall Press, 2009.

SANTOS NETO, B. F. dos. **Desenvolvimento de agentes normativos**. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 2012.

SILVA, Viviane Torres da. From the specification to the implementation of norms: an automatic approach to generate rules from norms to govern the behavior of agents. In: **Journal Autonomous agents and multi-Agent systems**, v. 17, n. 1, 2008. p. 113-155. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s10458-008-9039-8>>. Acesso em: 10 jun. 2016

SILVA, V. T. da; ZAHN, J. **Normative conflicts that depend on the domain**. [S.l.: s.n.], 2013. p.311-326. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-07314-9\\_17](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-07314-9_17)>. Acesso em: 10 jun. 2016

SILVESTRE, Eduardo Augusto. **Verificação de conflitos entre múltiplas normas em sistemas multiagentes**. Rio de Janeiro: Universidade Federal Fluminense, 2017.

VASCONCELOS, W. W.; KOLLINGBAUM, M. J; NORMAN, T. J. Normative conflict resolution in multi-agent systems. In: **Autonomous agents and multi-agent systems**, v. 19, n. 2, 2009. p. 124-152. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s10458-008-9070-9>>. Acesso em: 10 jun. 2016

VON WRIGHT, G. H. Deontic Logic. In: **Mind**. Oxford University Press, v. 60, n. 237, 1951. p. 1-15 .

WOOLDRIDGE, Michael. **An introduction to multiAgent systems**. 2. ed. [S.l.]: Wiley Publishing, 2009.

## ● EDUCAÇÃO

# TRABALHO DOCENTE E POLÍTICAS EDUCACIONAIS: UM ESTUDO SOBRE O CONTROLE DO TRABALHO DOCENTE NA REDE ESTADUAL DE ENSINO DE MINAS GERAIS EM UBERLÂNDIA - A PARTIR DE 2003

*Elizeth Rezende Martins da Silveira<sup>1</sup>, Fabiane Santana Previtali<sup>2</sup>*

**RESUMO:** Este artigo trata de um estudo concluído no âmbito do Programa de Mestrado da Universidade Federal de Uberlândia e que teve como objetivo analisar os impactos da Avaliação de Desempenho Individual (ADI) enquanto política regulatória do governo Aécio Neves sobre o trabalho docente e verificar como as estratégias de controle do trabalho docente afetam a categoria docente. O estudo perpassou a revisão de literatura, análise de documentos e a realização de entrevistas com docentes e representantes do sindicato da categoria por meio de questionários semiestruturados. Os dados preliminares apontaram que os docentes gostam da docência e pretendem fazer um bom trabalho, mas pela necessidade de lecionar em mais de uma escola, escassez de tempo para preparar aulas, falta de condições para executar o trabalho além da sobrecarga de trabalho e a falta de incentivos salariais, há uma grande desmotivação com a docência e tais fatores trazem implicações na saúde desses profissionais.

**Palavras-chave:** Trabalho Docente. Reestruturação Produtiva. Avaliação de Desempenho Individual.

# TEACHING WORK AND EDUCATIONAL POLICIES: A STUDY ON TEACHING WORK CONTROL IN STATE EDUCATION NETWORK OF MINAS GERAIS IN UBERLÂNDIA - STEM FROM 2003

**ABSTRACT:** This article is a study completed within the Master's Program of the Universidade Federal de Uberlândia and which aimed to analyze the impacts of the Individual Performance Evaluation (ADI) as regulatory policy of the Aécio Neves's government on teaching work and to verify how the teaching control strategies affect the teaching class. The study ran through the literature review, document analysis and interviews with teachers and representatives of the labor union by means of semi-structured questionnaires. Preliminary data showed that the professors like teaching and are intended to do a good job, but by the need to teach in more than one school, the lack of time to prepare lessons, lack of conditions to perform their tasks with quality; in addition to the work overload and lack of salary incentives, there is a lack of motivation with teaching and these factors bring various health implications of these professionals.

**Keywords:** Teaching Work. Productive restructuring. Individual Performance Evaluation.

<sup>1</sup>Mestre em Educação. Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM).Uberaba, MG, Brasil. [elizeth@iftm.edu.br](mailto:elizeth@iftm.edu.br)

<sup>2</sup>Pós-Doutora em História Social. Universidade Federal de Uberlândia, (UFU). Uberlândia, MG, Brasil. [fabiane.previtali@gmail.com](mailto:fabiane.previtali@gmail.com)

## INTRODUÇÃO

A literatura aponta uma significativa problematização sobre políticas educacionais e reformas de ensino que discutem os impactos da globalização econômica e da hegemonia política do neoliberalismo sobre a educação brasileira e alinham as transformações em curso no campo educacional e trabalho docente à emergência no pós-guerra de uma nova ordem econômica internacional que altera profundamente os processos econômicos e as relações de trabalho. Dessa forma, apresenta-se nesse estudo o contexto das reformas educacionais implementadas na educação básica, a partir dos anos 1990, com centralidade na análise dos impactos da Avaliação de Desempenho (ADI) enquanto política regulatória do governo mineiro sobre o trabalho docente na rede estadual em um município do Triângulo Mineiro, a partir do ano de 2003.

A Avaliação de Desempenho Individual foi implementada pelo Poder Executivo do Estado de Minas Gerais, em 2003, como uma das ações da Reforma Gerencial do governo de Minas Gerais, chamada Choque de Gestão que se caracteriza pelas condições estruturais de trabalho docente inseridas na lógica neoliberal. Desse modo, o presente estudo teve como objetivo avaliar como se apresentam as condições de trabalho docente a partir da implementação da Avaliação de Desempenho Individual (ADI) aplicada aos docentes da rede estadual mineira em um município do Triângulo Mineiro.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi norteadada pelo estudo bibliográfico que envolveu a discussão sobre a temática do capitalismo, inserida no conceito histórico da reestruturação produtiva do mundo do trabalho frente à reconfiguração do cenário político mundial. Foram recuperados ainda artigos e livros de referência que discutem o trabalho docente, mais especificamente a partir da década de 1990, quando são evidenciadas mudanças no mundo do trabalho.

O estudo foi realizado junto ao Sindicato Único dos Trabalhadores em Educação- Sind-UTE com dirigentes e docentes atuantes na Rede Estadual de Ensino de Uberlândia (REE). O estudo também envolveu a análise de documentos oficiais, tais como: Constituição Federal de 1988; Constituição do estado de Minas Gerais de 1989; a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) nº 9.394/1996; Legislação que institui a carreira dos profissionais de Educação Básica do estado de Minas Gerais; Resoluções estaduais; Diretrizes do MEC como o Plano Nacional de Educação (PNE/2014); Leis complementares e decretos estaduais; Legislações do âmbito estadual que regulamentam Avaliação de Desempenho Individual (ADI); também perpassou a análise da documentação de entidades classistas, tais como os documentos pertencentes ao SIND-UTE: Estatuto do sindicato; manuais de orientações

ao servidor filiado; relatórios de reuniões com o governo, dentre outros.

Ainda, foram coletados dados por meio de entrevistas, de caráter qualitativo, junto ao Sind-UTE - subsede Uberlândia, com o objetivo de ilustrar com as falas dos entrevistados algumas de suas percepções sobre as implicações das novas mudanças implementadas na gestão e controle do trabalho docente e entender a atual organização do trabalho docente.

A coleta de dados se deu através das entrevistas por meio de questionários semiestruturados contendo questões mistas aplicadas a dois dirigentes do Sindicato Único dos trabalhadores em educação de Minas Gerais de Uberlândia (SIND-UTE) e cinco docentes da rede estadual, atuantes no ensino fundamental, no primeiro semestre do ano de 2015. Em relação à escolha dos docentes participantes da pesquisa, houve uma seleção que se deu por meio de uma prévia definição, quer seja: trabalhar apenas com docentes lotados na Rede Estadual de Ensino e atuantes no ensino fundamental (1º ao 9º ano).

Em suma, o desenvolvimento dessa pesquisa foi estruturado em três momentos complementares e sucessivos: inicialmente foi realizado o aprofundamento teórico acerca do tema, objetivando estabelecer o diálogo com autores da área ou afins para fundamentar o desenvolvimento do segundo momento da pesquisa, ou seja, a coleta de dados. Foi também realizada a análise, apresentação e interpretação geral dos dados, à luz do aprofundamento teórico realizado.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da problemática foram debatidas questões concernentes às mudanças nas condições dos trabalhadores docentes envolvidos, de forma direta ou indireta, no processo de reforma educacional no cenário de mundialização do capital. Dessa forma, o estudo consistiu em analisar os impactos da Avaliação de Desempenho Individual (ADI) enquanto política regulatória do governo Aécio Neves sobre o trabalho docente na rede pública mineira, a partir do ano de 2003, ou seja, como as estratégias de controle do trabalho afetam a categoria docente e sob quais condições trabalham atualmente. Parte-se do pressuposto que, a partir das reformas educacionais implementadas a partir dos anos 1990 houve um acelerado processo de precarização e intensificação do trabalho docente que, ligado aos novos modelos de regulação educativa, impõem um rígido monitoramento sobre os resultados, a saber: a Avaliação de Desempenho Individual (ADI), traduzindo-se no controle sobre a organização e os processos de trabalho.

Desse modo, busca-se contextualizar a reestruturação da educação e do trabalho docente em âmbito nacional, diante de um cenário de mundialização do capital, face às reformas educacionais ocorridas, a partir dos 1990, e em desenvolvimento. Tendo em vista o objetivo geral prescrito, os objetivos especí-

ficos são os seguintes: compreender o processo de Reestruturação da educação e verificar sua relação com as mudanças no trabalho dos docentes no mundo contemporâneo; teorizar e contextualizar historicamente a Reestruturação da educação e do trabalho docente no âmbito brasileiro relacionando-os com as reformas educacionais dos anos 1990 e as políticas de controle implementadas em Minas Gerais, a partir de 2003; e verificar os impactos da Avaliação de Desempenho (ADI) no trabalho dos professores da Rede Estadual Mineira face às reformas educacionais de Minas Gerais, a partir de 2003.

O docente tem se subordinado ao aumento de atividades em razão de práticas administrativas controladoras que figuram com o aumento da sua jornada de trabalho e a diminuição da autonomia docente. Todos esses fatores apontam as precárias condições de trabalho docente e o consequente enfraquecimento da categoria.

## O TRABALHO NO CONTEXTO DA ORGANIZAÇÃO DA PRODUÇÃO CAPITALISTA CONTEMPORÂNEA

As modificações na produção capitalista estão associadas ao universo da produção e ao mundo do trabalho, visto da seguinte forma: "Processo entre o homem e a natureza, um processo em que o homem media, regula e controla seu metabolismo com a natureza [...]. Ao atuar, por meio desse movimento [...], ele modifica a sua própria natureza" (MARX, 2004, p. 36). Nesse sentido, o trabalho é entendido como resultado de um movimento dialético, atividade vital, concreta que cria coisas úteis, mas também com uma dimensão abstrata: fonte de riqueza e de miséria humana.

Segundo Antunes (2005), desde o mundo antigo, o trabalho vem sendo compreendido por meio das contradições de expressão de vida e degradação, criação e infelicidade, atividade vital e escravidão, felicidade social e servidão.

De acordo com Braverman (1980), o trabalho é visto como um projeto em que o homem se altera e altera o mundo. Para Antunes (2006), o trabalho é voltado para a formação do ser social e a compreensão do processo de humanização e libertação. Nos moldes capitalistas, o trabalho adquire o significado de alienação, sendo visto como mercadoria. A força de trabalho se torna acumulação de capital e as relações sociais se tornam exploração (BERNARDO, 1998).

Apesar das contradições, o trabalho humano é uma questão central da vida, porque nos diferencia das outras espécies e, por isso, torna-se um desafio dotar-lhe de sentido, para que a vida fora dele também o seja. Se por um lado, necessitamos do trabalho humano, reconhecemos seu potencial emancipador, devemos também recusar o trabalho que explora, aliena e infelicita o ser social (ANTUNES, 2005). Isto implica recusar todo o trabalho que explora, aliena e infelicita o ser social.

A luta pelo direito ao trabalho não é nova. Tem-se a impressão que o trabalho é criação do capitalismo. Por isso, para se compreender o trabalho enquanto conceito e enquanto processo, torna-se importante compreender também capital e capitalismo, termos muitas vezes utilizados enquanto sinônimos.

Nesse sentido, Mészáros (2002) defende que o capitalismo é uma das formas de realização do capital, o qual é anterior àquele, mas é também o seu resultado. Desse modo, Capital se estrutura no tripé: capital, trabalho e Estado, sendo os dois últimos subordinados ao primeiro.

O capitalismo foi que mais agiu no sentido de libertar as forças intelectuais da humanidade e usar suas expressões artísticas e científicas como forças produtivas, como mercadorias. Seu objetivo nesta empreitada foi ao abstrair esse conhecimento do homem, o negou à humanidade, restringiu o acesso ao saber.

As contradições constatadas entre o avanço tecnológico e a miserabilidade crescente dos trabalhadores tomam como referência a expansão da maquinaria industrial e a elevação da obtenção de mais-valia absoluta e relativa, estratégias legitimadas por uma acumulação crescente e incontrolável do capital, independente do custo social que esta ação signifique (LUCENA, 2011, p. 92).

Desse modo, ao ser separado a ferramenta se converte em máquina, meios de produção do capital. "As relações inerentes ao trabalho, à ciência e à formação dos trabalhadores são percebidas através das transformações oriundas do modo de produção capitalista e seus desdobramentos." (LUCENA, 2011, p. 102).

As lutas de classes se aceleram, conforme se agudizam e explicitam as suas contradições, pois são irreconciliáveis quando percebidas na sua totalidade. E completa: "O mundo do trabalho implica em uma relação dialética e contraditória entre a formação humana, as ações econômicas, políticas e culturais do seu tempo." (LUCENA, 2011, p. 104). Por ser a contradição da sua contradição, o capitalismo está sempre em crise. Os economistas defendem como ciclos econômicos de expansão e retração do mercado. Temos como ponto de vista que essas crises são justamente os seus defeitos estruturais em garantir a sua expansão baseado num consumo que não tem como ser previsto ou controlado, por isso, necessita do trabalho, onde encontra espaço de dominação, controle e subjugação do humano.

Desde o advento do capitalismo, várias foram as estratégias de extração da mais-valia a partir da sua organização. No início do século passado, o modelo de gestão foi baseado na organização e controle dos tempos e movimentos do processo de trabalho. Os trabalhadores eram organizados por especialidade, a partir do que ficou conhecido como administração científica.

Nesse contexto, o trabalho foi racionalizado de modo a aumentar a produtividade. A indústria automotiva inovou esse modelo trazendo para o universo da fábrica a esteira rolante, otimizando o processo e separando definitivamente a concepção da execução do trabalho.

Na corrida do capitalista em aumentar a produção da mais-valia, reduzindo o tempo de trabalho necessário, barateando a mercadoria para que esteja em nível de concorrência com os demais capitalistas, são introduzidas mudanças tanto na organização do trabalho, como nos meios e condições nas quais ele se realiza.

Portanto, ao introduzir uma mudança no processo, o capitalista tem a oportunidade de apropriar-se mais do trabalho do que outros capitalistas que ainda não o fizeram, mas à medida que essas inovações se generalizam, a corrida continua.

## A REESTRUTURAÇÃO DA EDUCAÇÃO E O CONTROLE DO TRABALHO DOCENTE EM MINAS GERAIS

Paralelamente à Reforma do Estado, no Brasil, houve o início do processo de reestruturação na esfera educacional. Nesse cenário de grandes transformações no campo educacional, surgem as reformas educacionais que podem ser analisadas a partir do cenário macro de reestruturação produtiva, trazendo impactos aos professores e alunos através da implementação de diversos programas e políticas voltados à educação básica.

A educação passa a incorporar o ideário neoliberal através das políticas educacionais empreendidas pelo Estado, comprometida com a mercantilização. Segundo Oliveira (2010), as reformas educacionais iniciadas nos anos 1990 na América Latina buscaram a adequação dos sistemas de ensino ao processo de reestruturação produtiva e de nova configuração do papel do Estado.

No caso específico das políticas educacionais implementadas em Minas Gerais, tais políticas são pautadas na racionalidade gerencial, tendo como ação estratégica o rígido controle sobre o trabalho docente. Diante disto, o trabalho docente vem sofrendo mudanças nas suas condições de trabalho e na organização escolar por meio do enfrentamento de vários problemas, tais como: baixos salários, desvalorização profissional, falta de autonomia, problemas ligados à competitividade com os seus pares, estresse, sobrecarga de trabalho, rígido controle e a intensificação do trabalho.

Desde a década de 1990, as políticas para a Educação Básica no Brasil introduzem formas de controle e intensificação do trabalho docente que tomam a subjetividade das professoras e as emoções no ensino (HARGREAVES, 1998). Pensar a atuação docente na atualidade remete à relação entre escola e sociedade. Estudos que discutem as reformas educacionais são unânimes em vincular as transformações no campo educacional e no trabalho docente à emergência, no pós-guerra, de uma nova ordem econômica internacional. Sob o impacto da revolução científica e tecnológica essa ordem vem alterando profundamente os processos econômicos e as relações de trabalho.

Ao final dos anos 1980, a economia brasileira foi assolada pela escalada inflacionária que chegou perto da hiperinflação. Na tentativa de combater a crise financeira, o governo brasileiro procurava estabilizar a inflação. A crise econômica da década de 1990 trouxe danos ao campo social, político e econômico, com grandes consequências para o segmento educacional. Dessa forma, para reestruturar a economia na década de 90, o Brasil torna-se mais dependente do mercado internacional, aumentando o número de privatização das empresas estatais.

Nesse cenário, nos anos 1990, o Brasil adaptou-se ao modelo neoliberal, após a eleição de Fernando Collor, que implementara um projeto de modernização econômica e industrial por meio de um processo de competitividade com base na abertura de mercado. Durante o governo Collor de Mello, houve a implantação de planos econômicos com objetivo de estabilizar a inflação melhorando a economia do país.

Dentre as inúmeras tentativas, com planos econômicos durante os governos da década de 1990, o Plano Real paralisou o processo inflacionário do país, embora o crescimento econômico ainda se mantenha estagnado. Com isto, levou-se às escolas a produção mercantil, influenciando vários níveis de educação. Tem-se que “[...] o processo resultante de uma nova fase de reestruturação capitalista é marcado por políticas de centralização, diferenciação e diversificação institucional e, especialmente, de privatização da esfera pública” (DOURADO; PARO, 2001, p. 236).

A partir de 1995, as reformas educacionais adquiriram força e várias iniciativas foram constatadas. No governo de Fernando Henrique Cardoso, houve a criação do Ministério da Administração e Reforma do Estado (MARE) no ano de 1995, pelo Ministro Luiz Carlos Bresser Pereira, que encaminhou diversas medidas de reestruturação da máquina do Estado, como na educação, que passara por várias modificações.

Dessa forma, as reformas educativas que tencionam adequar o sistema educacional à reestruturação produtiva e aos rumos do Estado reafirmam a centralidade da formação desses profissionais.

As reformas educacionais mundiais e as brasileiras apresentam a “tentativa de melhorar as economias nacionais pelo fortalecimento dos laços entre escolarização, trabalho, produtividade, serviços e mercados sendo vista pelos governantes como uma possibilidade de ingresso no mercado capitalista mundial” (AZEVEDO, 2004, p. 7-8).

Conforme Alves (2006) tal quadro de reformas desencadeou uma difusão dos pensamentos neoliberais, com o Estado assumindo um novo papel frente ao contexto de globalização econômica. O Brasil iniciou então uma Reforma de Estado com um modelo de administração pública gerencial com base nos moldes da iniciativa privada, para melhorar a prestação dos públicos.

Para se adequar ao cenário mundial, o Brasil reformulou esferas do governo, o que atingiu a educação. A escola sofreu mudanças por meio das políticas

educacionais, o que obrigou os profissionais da área a se ajustarem às formas de gestão escolar, à organização do ensino e às exigências sobre sua atuação profissional (BRITO, 2008).

Nesse sentido, a educação enquanto uma prática social apresenta alguns problemas devido à inadequação das políticas educativas que se encontram em ação. As mudanças sociais em curso trazem novas demandas de formação e de conhecimento. Tais mudanças impressas pela doutrina neoliberal geram desigualdades, atingindo os processos de produção do conhecimento científico e, por sua vez, gerando modificações nas práticas sociais.

Com vistas a acompanhar as tendências neoliberais mundiais, o governo de Fernando Henrique Cardoso criou o Planejamento Político-Estratégico do Ministério de Educação e Cultura (MEC) para orientar as reformas educacionais (SILVA JÚNIOR, 2002). Iniciou-se então uma ampla reforma educacional, desde a aprovação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) nº 9.394, em 20 de dezembro de 1996 (BRASIL, 1996).

Assim, surgiram as denominadas “reformas educacionais” dos anos 1990, sob a perspectiva de projetar as políticas educacionais nos moldes do neoliberalismo. A educação passou a ser inserida num contexto de empregabilidade, com a noção de equidade, e não mais de igualdade (GENTILI, 1996).

No cenário de reforma educacional, os indicadores que sinalizaram a intencionalidade e implementação de mudanças foram: a Lei de Diretrizes e Bases da Educação de 1996; as ações do MEC – mudanças curriculares e organização geral da escola (Parâmetros Curriculares Nacionais e o Sistema de Avaliação da Educação Básica); as Diretrizes Curriculares Nacionais; as políticas de financiamento (Fundos Nacionais de Desenvolvimento do Ensino Fundamental e da Educação Básica - FUNDEF e FUNDEB); entre outros. Essas diretrizes vieram para regulamentar a formação de professores na Educação Básica.

Conforme Silva (2007), o eixo da formação docente passa a ser o que e o como ensinar, privilegiando as dimensões técnica e praticista do trabalho docente e proporcionando uma reprodução maciça de profissionais exclusivos para o mercado de trabalho.

Ainda, por meio da LDB, houve a institucionalização da municipalização do ensino, o aumento das atividades dos docentes, nas quais os professores passam a se envolver também com questões ligadas ao ensino-aprendizagem e às atividades de gestão, planejamento, assistência e acompanhamento e integração escola-família-comunidade.

Frente ao contexto de reformas educacionais, Minas Gerais teve sua primeira iniciativa dentro do discurso da modernização, denominado por Marques (2000) de “tempo da democratização”. Nesse percurso, durante o governo de Hélio Garcia (1984-1986), o trabalho docente foi levado à polivalência. Foi ainda criada a gratificação de incentivo à docência e a progressão horizontal, tais medidas foram adotadas

com vistas à redução do número de funcionários da Secretaria de Educação (MARQUES, 2000).

Na sequência, no governo de Newton Cardoso em 1987, ocorreu o período de “modernização e racionalização do estado”, com redução de gastos relacionados aos recursos humanos na área educacional e, consequentemente, um aumento do trabalho do profissional da educação, que passou a acumular tarefas (MARQUES, 2000).

A reforma educacional tem uma de suas raízes na Conferência Mundial de Educação para Todos, que aconteceu em Jomtien, Tailândia, de 05 a 09 de março de 1990. Ela foi a tentativa de orientação para as reformas educacionais dos países mais pobres e populosos do mundo: a educação para a equidade social o que resultou o Plano Decenal de Educação para Todos (1993-2003).

Dessa forma, os países participantes firmaram o compromisso de universalizar o ensino fundamental no prazo de dez anos. Em face desse compromisso as reformas educacionais concentraram-se na educação básica com objetivo de atender à demanda do mercado de trabalho com força de trabalho qualificada voltando-se, principalmente, para questões relacionadas a financiamento, controle e gestão da educação escolar (GENTILI, 1996).

Esse plano traçou os rumos da educação nos nove países classificados como E-9 (piores indicadores educacionais do mundo): Brasil, Bangladesh, China, Egito, Índia, Indonésia, México, Nigéria e Paquistão (UNESCO, 1998).

Sob o governo de Hélio Garcia, nos anos de 1991-1994 em Minas Gerais, desenvolveu-se reformas voltadas para conceitos neoliberais com a criação de programas voltados à qualidade. Os programas acompanharam as tendências mundiais e nacionais, atuando na autonomia dos professores e da direção escolar; pretendeu-se aumentar as responsabilidades das escolas, com capacitação de professores, avaliação de desempenho e municipalização (AUGUSTO; MELO, 2004).

Após o governo de Itamar Franco (1999-2003), o governador Aécio Neves, no período de 2003 a 2006, focalizou-se a reforma administrativa em Minas Gerais com a implantação do Choque de Gestão – que apresentava como foco principal solucionar os problemas financeiros e resgatar a modernização do estado de Minas Gerais no contexto nacional e mundial (VILHENA et al., 2006).

## O CHOQUE DE GESTÃO NO GOVERNO AÉCIO NEVES (2003-2006)

No ano de 2003, o governo Mineiro deu início a um processo de grandes mudanças nos diversos setores públicos do estado, por meio da implantação e previsão de vários programas com objetivo de dotar a administração pública de eficiência e efetividade nos serviços prestados. Nesse processo, houve a implementação do Choque de Gestão – como programa de governo no estado de Minas Gerais na gestão o governador Aécio Neves.

O ideário da Reforma do Estado surge, em âmbito mundial, no final dos anos 1970 e início dos anos 1980, como resposta às dificuldades pelas quais vinha passando o Estado de Bem-Estar Social em "atender com eficiência a sobrecarga de demandas a ele dirigidas, sobretudo na área social" (BRASIL, 1995). Esse movimento buscou o redimensionamento do Estado, propondo mudanças institucionais que agregariam mecanismos do mercado ao setor público.

Desse modo, o Choque de Gestão, criado pelo Governo de Minas Gerais, surgiu como uma proposta que permitiu a reformulação da gestão estadual, em especial o comportamento da máquina administrativa, mediante novos valores e princípios, a fim de se obter uma nova cultura comportamental do setor público mineiro, voltado para o desenvolvimento da sociedade, dentro de padrões éticos e de critérios objetivos para se avaliar o desempenho dos resultados das ações governamentais. Assim, temos que seus resultados e metas são essenciais para o êxito da Administração (VILHENA et al., 2006). A pretensão era de eliminar as pendências financeiras e resgatar a modernização de Minas Gerais.

Esse programa veio com a proposta de modernização da administração, a racionalização dos gastos, a avaliação e o monitoramento das ações e resultados das intervenções realizadas pelo governo, sob a alegação de haver uma grave crise fiscal e administrativa deixada pelo governador Itamar Franco, no período de 1998 a 2002 (MINAS GERAIS, 2011).

O Choque de Gestão assentou-se em dois pilares, os quais sejam: o ajuste fiscal e os resultados de desenvolvimento visando sanar a grave crise fiscal, como destacado a seguir abaixo, Minas Gerais apresentava um grave quadro fiscal, que impedia a captação de fundos decorrentes de repasse do governo federal e da obtenção de créditos internacionais, o que implicava na falta de recursos para custear as despesas, inclusive para o regular e tempestivo pagamento da folha de servidores estaduais, o que dificultava a provisão de serviços públicos de qualidade. Era urgente reverter o déficit orçamentário do Governo, mediante medidas duras de redução de despesa e aumento de arrecadação (MINAS GERAIS, 2013).

Em face deste cenário, o surgimento do Choque de Gestão aconteceu num contexto que se demandava firme ajuste fiscal e adaptações na administração pública que contribuíssem para uma gestão moderna e capaz de entregar resultados para a população. Com efeito, a expressão "Choque de Gestão" remete a um impacto significativo, ao sintetizar uma ideia-força relacionada à necessidade iminente de se lograr uma melhoria da gestão pública mineira naquele momento (MINAS GERAIS, 2013).

Desse modo, algumas ferramentas de gestão ganham especial relevância para as organizações públicas, dentre elas o Plano de Gestão de Desempenho Individual (PGDI) e a Avaliação de Desempenho Individual, conforme art. 9º da Resolução Seplag nº 31 de 29 de agosto de 2007 (MINAS GERAIS, 2007b):

o processo de ADI é formalizado por meio dos formulários I - Plano de Gestão de Desempenho Individual - PGDI que contempla as atividades definidas com chefia imediata e servidor; e II - Termo de Avaliação que é preenchido após o processo de avaliação com as respectivas notas atribuídas, de acordo com o art. 8º do Decreto 44.559/2007 (MINAS GERAIS, 2007a).

A Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão (SEPLAG) foi escolhida para "gerenciar" a aplicação do programa, cuja ênfase recai no corte de despesas e investimento do Estado; redução de direitos sociais, dentre outros, não apenas no primeiro momento - Choque de Gestão (elemento central desse estudo), mas ao longo dos outros dois momentos (Estado para Resultados e Gestão para a Cidadania), com a função de coordenar as ações racionais do Governo visando à conquista de resultados, a partir da integração sistêmica dos órgãos governamentais. A descrição e análise pormenorizada da ADI está contemplada na seção seguinte.

Frente às considerações tecidas pelos docentes participantes da pesquisa foi notória a desmotivação com a profissão dada as condições atuais de trabalho e a carência de uma série de incentivos como: o pagamento do piso salarial nacional, plano de carreira compatível com a complexidade da atividade docente, a ausência de programas de qualificação profissional em serviço; dentre outros de igual importância. Foi possível compreender que os profissionais docentes estão imersos num contexto de trabalho com tendência a um processo de conformação com o trabalho, entretanto, percebe-se que isto não tem sido facilmente aceito pelos docentes da rede mineira, na medida em que foram aqui explicitadas várias iniciativas e movimentos contínuos de lutas contra os mandos do governo e por melhores condições de trabalho e salário.

Estabeleceu-se, como hipótese inicial, que as modificações advindas das reformas educacionais, ocorridas nos últimos anos, têm conduzido à precarização e à intensificação do trabalho docente gerando o adoecimento profissional na REE/MG. A partir de demandas do governo mineiro, tem havido aumentos de funções e intenso controle sobre o trabalho do docente, promovendo diversas interferências no seu fazer pedagógico e nas condições de trabalho.

O estudo esteve voltado para elementos que estão imbricados nas condições laborais de trabalho como, por exemplo: controle do trabalho, precarização e intensificação do trabalho; visando de forma crítica demonstrar as atuais configurações que a docência assume, a partir de demandas impostas pelo governo mineiro e como isso tem afetado a categoria docente.

Foi feita a análise da articulação entre Trabalho e Educação no contexto capitalista, com relevo às suas especificidades. Pôde-se, a partir daí, inferir que a docência perpassa a prática social, concreta e dinâmica, sofre diversas influências dos aspectos sociais, políticos e econômicos. Foram abordadas as implicações do capitalismo sobre o trabalho docente e suas consequências na autonomia e no controle do trabalho e pôde-se depreender que tais mudanças incidem diretamente no

trabalho docente por meio do aumento de responsabilidades e tarefas ligadas à docência.

Constatou-se na fala dos sujeitos docentes uma grande angústia, mas ao mesmo tempo, percebe-se persistência quanto ao enfrentamento do trabalho docente que se apresenta cada vez mais impositivo e controlado, alterando a estrutura de vida social docente com prejuízos a saúde física e mental daí decorrentes.

O trabalho docente revelou-se complexo enquanto profissão, que por si só já remete a enormes desafios tendo em vista as condições de trabalho com as quais atualmente se deparam em seu cotidiano escolar, e, principalmente, pelo fato de que a obtenção de resultados positivos na docência não depende apenas do seu próprio desempenho, pois pressupõe também a interação pessoal e profissional com seres humanos, no caso os discentes, atuando como agentes ativos no processo de ensino e aprendizagem.

A partir da pesquisa foi possível constatar que a docência é um trabalho dotado de desafios e não pode ser analisada isoladamente das esferas social, política e econômica, pois está em constante articulação com estas esferas, que atualmente compõem e refletem na vida social dos indivíduos.

Além disto, as colocações dos docentes entrevistados revelam ainda que gostam do que fazem e pretendem fazer um bom trabalho, mas, devido às várias dificuldades enfrentadas como a necessidade de lecionar em mais de uma escola, a falta de tempo para o preparo de aulas, a falta de condições para executar suas tarefas com qualidade, além da sobrecarga de trabalho e a falta de incentivos salariais, por parte do governo, há uma grande desmotivação com a profissão docente. A soma destes fatores traz várias implicações na saúde dos docentes.

## CONCLUSÃO

Este estudo buscou analisar os impactos da Avaliação de Desempenho Individual enquanto política regulatória do governo mineiro sobre o trabalho docente na rede estadual em Uberlândia, município do Triângulo Mineiro, a partir do ano de 2003, no contexto das reformas educacionais implementadas na educação básica, a partir da década de 1990. Nesse contexto, delineou-se como objetivo avaliar como se apresentam as condições de trabalho docente a partir da implementação da Avaliação de Desempenho Individual aplicada aos docentes dessa rede de ensino.

Os dados apontaram que os professores gostam da docência e têm a pretensão de fazer um bom trabalho. Entretanto, alguns fatores geram entraves à profissão: necessidade de lecionar em mais de uma escola, escassez de tempo para preparar aulas, falta de condições para executar o trabalho, além da sobrecarga de trabalho e a falta de incentivos salariais. Tudo isso resulta em grande desmotivação em relação à docência e tais fatores trazem, também, implicações para a saúde desses profissionais.

## REFERÊNCIAS

ALVES, A.C.T. As reformas em Minas Gerais: choque de gestão, avaliação de desempenho e alterações no trabalho docente. In: SEMINÁRIO DA REDESTRADO: Regulação Educacional e Trabalho Docente, 6., 2006, Rio de Janeiro.. **Anais...** Rio de Janeiro: [s.n.], 2006. p. 01-13.

ANTUNES, R. **Adeus ao trabalho?** Ensaio sobre as metamorfoses e a centralidade do mundo do trabalho. 2. ed. São Paulo: Cortez; Campinas: Unicamp, 2002.

\_\_\_\_\_. **O caracol e sua concha:** ensaios sobre a nova morfologia do trabalho. São Paulo: Boitempo, 2005.

\_\_\_\_\_. **Os sentidos do trabalho:** ensaio sobre a afirmação e negação do trabalho. 8 ed. São Paulo: Boitempo, 2006.

AUGUSTO, M. H. O. G.; MELO, S. V. D. A. A (des) valorização do magistério na rede pública estadual de Minas Gerais. In: REUNIÃO ANUAL DA ANPED, 27., 2004, Caxambu. **Anais...** Caxambu: ANPED, 2004. Disponível em: <[www.anped.org.br/reunioes/27/inicio.htm](http://www.anped.org.br/reunioes/27/inicio.htm)>. Acesso em: 9 jun. 2015.

AZEVEDO, J. M. L. **A educação como política pública.** 3. ed. Campinas: Autores Associados, 2004.

BERNARDO, J. **Estado:** a silenciosa multiplicação do poder. São Paulo: Escrituras, 1998.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília: [s.n.], 1988. Disponível em: <<http://www2.planalto.gov.br/acervo/constituicao-federal/a-constituicao-federal>>. Acesso: 14 jun. 2015.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil,** Brasília, DF, 23 dez. 1996. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm)>. Acesso em: 10 jun. 2015.

BRASIL. Ministério da Administração Federal e da Reforma do Estado. **Plano diretor da reforma do Estado.** Brasília, DF, 1995.

BRAVERMAN, H. **Trabalho e capital monopolista:** a degradação do trabalho no século XX. 3. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1980.

BRITO, L. H. P. F. **A educação na reestruturação produtiva do capital:** um estudo sobre as reformas educativas e seu impacto no trabalho docente na rede estadual de ensino de Minas Gerais (2003-2008). Uberlândia, 2008. 171 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.

CANDAU, V. M. Reformas educacionais hoje na América Latina. In: MOREIRA, Antonio Flávio Barbosa (Org.). **Currículo: políticas e práticas**. Campinas: Papirus, 1999. p. 131-164.

DOURADO, L. F.; PARO, V. H. (Org.). **Políticas públicas & educação básica**. São Paulo: Xamã, 2001.

DOURADO, L. F. Reforma do Estado e as políticas para a educação superior no Brasil nos anos 90. **Revista Educação e Sociedade**, Campinas, v. 23, n. 80, p. 234-252, set. 2002. Disponível em: <<http://www.cedes.unicamp.br>>. Acesso em: 20 ago. 2013.

GENTILI, P. Neoliberalismo e educação: manual do usuário. In: GENTILI, P.; SILVA, T. T. (Org.) **Escola S.A.: quem ganha e quem perde no mercado educacional do neoliberalismo**. Brasília: CNTE, 1996. p. 9-49.

HARGREAVES, A. **Os professores em tempos de mudanças: o trabalho e a cultura dos professores na Idade Moderna**. Lisboa: McGraw-Hill, 1998.

LUCENA, C. Trabalho, capitalismo e formação dos trabalhadores. In: SCOCUGLIA, A. et al. **O controle do trabalho no contexto da reestruturação produtiva do capital**. Curitiba: CRV, 2011. p. 85-139.

MARQUES, M. R. A. Resenha. In: PEIXOTO, M. do C. de L. (Org.). **Educação Superior: avaliação da produção científica**. Belo Horizonte: Imprensa Universitária, UFMG, 2000. (Publicado também na Revista Brasileira de Educação, n. 18, p. 148-149, 2001.)

MARX, K. Processo de trabalho e processo de valorização. In: ANTUNES, R. (Org.). **A dialética do trabalho: escritos de Marx e Engels**. São Paulo: Expressão Popular, 2004. p. 36.

MÉSZÁROS, I. **Para além do capital: rumo a uma teoria da transição**. São Paulo: Boitempo, 2002.

MINAS GERAIS. Constituição (1989). **Constituição do Estado de Minas Gerais de 1989**. Belo Horizonte: Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, 1989. Disponível em: <<https://www.almg.gov.br/opencms/export/sites/default/consulte/legislacao/Downloads/pdfs/ConstituicaoEstadual.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2015.

\_\_\_\_\_. Avaliação de desempenho individual. In: **Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão de Minas Gerais**. Belo Horizonte: [s.n.], 2015. Disponível em: <<http://www.planejamento.mg.gov.br/pagina/gestao-de-pessoas/desempenho-e-desenvolvimento/avaliacao-de-desempenho-individual-adi>> Acesso em: 20 jun 2015.

\_\_\_\_\_. Lei Complementar Estadual nº 71, de 30 de julho de 2003. **Minas Gerais Diário do Executivo**, Belo Horizonte, 30 jul. 2003b. Disponível em: <[http://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=LCP&num=71&comp=&ano=2003&aba=js\\_textoOriginal#texto](http://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=LCP&num=71&comp=&ano=2003&aba=js_textoOriginal#texto)>. Acesso em: 15 jun. 2015.

\_\_\_\_\_. Lei Complementar nº 104, de 04 de agosto de 2008. Altera dispositivos da Lei Complementar nº 71, de 30 de julho de 2003, que institui a avaliação periódica de desempenho individual, disciplina a perda de cargo público **Minas Gerais Diário do Executivo**, Belo Horizonte, p. 1, 5 ago. 2008. Disponível em: <<http://www.lexml.gov.br/urn/urn:lex:br;minas.gerais:estadual:lei.complementar:2008-08-04;104>>. Acesso em: 25 jun. 2015

\_\_\_\_\_. Decreto Estadual nº 44.559, de 29 de junho de 2007. Regulamenta a avaliação de desempenho individual do servidor estável ocupante de cargo efetivo e do detentor de função pública da administração pública direta, autárquica e fundacional do poder executivo estadual. **Minas Gerais Diário do Executivo**, Belo Horizonte, 29 jun. 2007a. Disponível em: <[http://www.ipsm.mg.gov.br/arquivos/legislacoes/legislacao/decretos/decreto\\_44559.pdf](http://www.ipsm.mg.gov.br/arquivos/legislacoes/legislacao/decretos/decreto_44559.pdf)>. Acesso em: 25 jun. 2015.

\_\_\_\_\_. Decreto Estadual nº 44.559, de 29 de junho de 2007. Regulamenta a avaliação de desempenho individual do servidor estável ocupante de cargo efetivo e do detentor de função pública da administração pública direta, autárquica e fundacional do poder executivo estadual. **Minas Gerais Diário do Executivo**, Belo Horizonte, 29 jun. 2007a. Disponível em: <[http://www.ipsm.mg.gov.br/arquivos/legislacoes/legislacao/decretos/decreto\\_44559.pdf](http://www.ipsm.mg.gov.br/arquivos/legislacoes/legislacao/decretos/decreto_44559.pdf)>. Acesso em: 25 jun. 2015.

\_\_\_\_\_. **Diagnóstico MG**. Educação. [S.l.: s.n., 2015] Disponível em: <<http://www.diagnostico.mg.gov.br/situacoes/educacao/>>. Acesso em: 15 jun. 2015.

\_\_\_\_\_. **Do choque de gestão à gestão para a cidadania: 10 anos de desenvolvimento em Minas Gerais**. Belo Horizonte: [s.n.], 2013.

\_\_\_\_\_. Resolução Seplag nº 31, de 29 de agosto de 2007. Define a metodologia e os procedimentos da Avaliação de Desempenho Individual na Administração Pública Direta, Autárquica e Fundacional do Poder Executivo Estadual. **Minas Gerais Diário do Executivo**, Belo Horizonte, 29 ago. 2007b. Disponível em: <<http://www.planejamento.mg.gov.br/servicos/formularios/recursos-humanos/avaliacao-de-desempenho/avaliacao-de-desempenho-individual-adi/category/152-anexos-da-resolucao-seplag-n-31>>. Acesso em: 15 jun. 2015.

\_\_\_\_\_. Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão. **Cadernos regionais**. [S.l.: s.n., 200?]. Disponível em: <<http://www.planejamento.mg.gov.br/publicacoes/cadernos-regionais>>. Acesso em: 15 jun. 2015.

\_\_\_\_\_. Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão. **Choque de gestão**. Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <<http://www.planejamento.mg.gov.br/estrategia-de-governo/choque-de-gestao>>. Acesso em: 15 jun. 2015.

OLIVEIRA, D. A. **Educação básica: gestão do trabalho e da pobreza**. 2. ed. Petrópolis: Vozes, 2010

SILVA JÚNIOR, J.R. **Reforma do Estado e da Educação no Brasil de FHC**. São Paulo: Xamã, 2002.

SINDICATO ÚNICO DOS TRABALHADORES EM EDUCAÇÃO EM MINAS GERAIS. **Estatuto do SIND-UTE/MG**. [S.l.: s.n., 200?]. Disponível em: <<http://www.sinduteuberlandia.com.br/component/finder/search?q=ESTATUTO&Itemid=0>>. Acesso em: 10 jun. 2015.

UNESCO. **Declaração mundial sobre educação para todos**: satisfação das necessidades básicas de aprendizagem. Jomtien, 1990. Brasília, DF, 1998. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0008/000862/086291por.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2013.

VILHENA, R.et al. (Org.). **O choque de gestão em Minas Gerais**: políticas de gestão pública para o desenvolvimento. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2006.