

**Estudo dos pontos críticos de controle em linha de produção industrial de suco de laranja na região noroeste do paraná.****Study of the critical points of online control of industrial production of orange juice in the northwest region of paraná.**

DOI:10.34117/bjdv6n4-309

Recebimento dos originais: 24/03/2020

Aceitação para publicação: 24/04/2020

**Rodolfo Ricken do Nascimento**

Mestrando em Ciências de Alimentos pela Universidade Estadual de Londrina – UEL

E-mail: rodolforicken@gmail.com

**Guilherme Roque Zidiotti**

Graduando em Química (Licenciatura) pelo Instituto Federal do Paraná – Campus Paranavaí

E-mail: guilherme\_13zidiotti07@hotmail.com

**Beatriz Fernanda da Silva Pittarelli**

Doutoranda em Biologia Comparada pela Universidade Estadual de Maringá – UEM,

E-mail: bia.pittarelli@gmail.com

**Geovane Aparecido Ramos da Silva**

Mestrando em Química Analítica pela Universidade Estadual de Maringá – UEM

E-mail: geovane.rsilva21@gmail.com

**Juliana Harumi Miyoshi**

Doutoranda em Ciências Farmacêuticas pela Universidade Estadual de Maringá – UEM,

E-mail: jhm\_1992@hotmail.com

**Marília Gimenez Nascimento**

Mestranda em Ciências de Alimentos pela Universidade Estadual de Maringá – UEM,

E-mail: marilia\_gimenez@hotmail.com

**Suellen Jensen Klososki**

Doutora em Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal do Paraná,

Instituição: Instituto Federal do Paraná.

Endereço: Avenida Jose Felipe Tequinha, 1400, Jardim das Nações, Paranavaí – PR, Brasil

E-mail: suellen.klososki@ifpr.edu.br

**Vanessa Aparecida Marcolino**

Doutora em Ciências de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas,

Instituição: Instituto Federal do Paraná.

Endereço: Avenida Jose Felipe Tequinha, 1400, Jardim das Nações, Paranavaí – PR, Brasil

E-mail: vanessa.marcolino@ifpr.edu.br

## RESUMO

O município de Paranavaí produz 50% da laranja comercializada pelo estado do Paraná e abriga duas grandes indústrias manufatureiras do setor com foco voltado à produção de suco concentrado padrão exportação. Assim, o presente trabalho teve por objetivo analisar a composição 5 lotes dos sucos ao longo de 7 pontos críticos de controle (PCC), verificando a influência da temperatura sobre os mesmos. A capacidade antioxidante foi determinada pelo método de Brand-Williams adaptado, e a capacidade antioxidante foi expressa pela porcentagem de DPPH reduzido. Efetuou-se a quantificação de compostos fenólicos segundo a metodologia proposta por Folin-Ciocalteu. O pH e o °Brix das amostras foram aferidos em pHmetro e em refratômetro digital respectivamente. Ao longo da linha de processamento estudada pode-se perceber um aumento linear na capacidade antioxidantes de cerca de 38%, fato já esperado, pois o aumento de temperatura favorece a formação de antioxidantes. Não houve variação estatística significativa na concentração de fenólicos totais. A concentração de vitamina C aumentou em aproximadamente 50%. O teor de sólidos solúveis das amostras apresentou valores médios variando de 4,6 a 65,5 °Brix. Os valores encontrados para pH não diferiram significativamente, variando entre 3,93 e 4,31. Portanto verificou-se que o processo térmico interferiu na composição do suco.

**Palavras-chave:** Suco de laranja concentrado; Capacidade Antioxidante; Pontos Críticos de Controle;

## ABSTRACT

The city of Paranavaí produces over 50% of the orange commercialized by the state of Paraná and houses two great manufacturing industries aimed at the production of fruit concentrated juice with exportation pattern. Thus, the following research aims for analyzing the composition of juices over seven critical control points (CCP) in five lots, verifying the influence of temperature on them. The antioxidant activity was determined by the adapted method of Brand-Williams, and the antioxidant capacity was expressed by the percentage of reduced DPPH. It was effected the quantification of phenolic compounds according to the methodology proposed by Folin-Ciocalteu. The pH and °Brix of the samples were calibrated on a pHmeter and on a digital refractometer respectively. Along the studied processing line, one can see the linear increase in the antioxidant capacity of about 38%, which was an expected fact, since the temperature increase favors the antioxidants formation. There were no significant statistic variations in the total phenolic concentration. The vitamin C concentration increased about 50%. The solvable solid content of the sample showed average values varying from 4,6 to 65,5 °Brix. The values found to pH did not differ significantly, varying between 3,93 and 4,31. Therefore it was verified that the thermal process interfered on the juice composition.

**Keywords:** Concentrated orange juice; Antioxidants capacity; Critical control points;

## 1 INTRODUÇÃO

Analisando a fruticultura em âmbito mundial é possível observar que o ramo que mais se destaca é o da citricultura, o que faz com que estas frutas sejam as mais produzidas no mundo. O período colonial data a entrada destes cultivares no Brasil, e desde então passou a ter grande importância nos hábitos de consumo de nossa população. Porém, o País alavancou a sua escalada para o topo do ranking de produção de laranja a partir de 1960, e desde meados dos anos 80 assume a primeira posição na produção dessa fruta (IFNP, 2007; NEVES; LOPES, 2005).

O Brasil obteve produção na safra de 2005/2006 de 18,238 milhões de toneladas métricas, equivalente a 38,72% da safra mundial de laranja. A laranja representa 49% da produção brasileira de frutas. Entre a citricultura regional, o Paraná se encontra como quinto maior produtor da fruta no país, enquanto o município de Paranavaí produz 45% da laranja do estado (IFNP, 2007; NEVES; LOPES, 2005).

A laranja, principal representante dos citros, faz parte da dieta dos brasileiros. Além desta fruta conter vitaminas e fibras, ultimamente tem sido apresentada como fonte de metabólitos secundários incluindo antioxidantes como ácido ascórbico, compostos fenólicos, flavonoides, limonoides que são importantes para a nutrição humana (JAYAPRAKASHA; PATIL, 2007).

As bebidas não alcoólicas estão entre as mais consumidas no mundo inteiro. Os levantamentos estatísticos realizados em todos os países em nível mundial revelam números crescentes de consumo, tanto per capita quanto global. Esses valores são mais expressivos quando se referem a bebidas obtidas através de frutas (sucos ou polpas), já que as mesmas se constituem em fontes fundamentais de vitaminas e minerais para a dieta, além de seus atrativos sabores (JAYAPRAKASHA; PATIL, 2007).

Os citros, incluindo a laranja, são frutas que contém na sua estrutura grande potencial antioxidante, este termo é utilizado para denominar a função de proteção celular contra os efeitos danosos dos radicais livres. Sendo que alguns nutrientes, naturalmente presentes ou adicionados nos alimentos, possuem propriedade antioxidante. São vários os nutrientes que têm essa ação no organismo. Entre eles estão as vitaminas C e E, carotenóides e isoflavona. A eficiência da função dos antioxidantes derivados da alimentação depende da sua biodisponibilidade e da ingestão de quantidades adequadas do nutriente (JAYAPRAKASHA; PATIL, 2007).

Os radicais livres são classificados como moléculas orgânicas e inorgânicas ou átomos que contêm um ou mais elétrons não pareados, com existência independente (HALLIWELL, 1994). Essa configuração faz dos radicais livres moléculas altamente instáveis, com meia-vida curtíssima e quimicamente muito reativas. As funções fisiológicas normais ficam comprometidas na presença dos radicais livres (POMPELLA, 1997).

Algumas espécies de radicais livres estão apresentadas abaixo:

- $O_2$  oxigênio singlet;
- $O_2^-$  radical superóxido;
- OH radical hidroxila;
- NO· óxido nítrico;
- ONOO· peroxinitrito;
- Q· radical semiquinona

O  $O_2$  apresenta uma baixa capacidade de oxidação, comparando-o com as principais formas reativas de oxigênio, já o OH mostra uma pequena capacidade de difusão e é o mais reativo na indução de lesões nas moléculas celulares. O  $H_2O_2$  é capaz de atravessar a membrana nuclear e induzir danos na molécula de DNA por meio de reações enzimáticas apesar de não ser considerado um radical livre verdadeiro (ANDERSON, 1996).

Os radicais livres sempre estarão presentes no organismo em funcionamento, mas o desequilíbrio entre moléculas oxidantes e antioxidantes é que resulta na indução de danos celulares pelos radicais livres que tem sido chamado usualmente de estresse oxidativo (SIES, 1993).

Fazer uso de compostos antioxidantes por meio de uma dieta balanceada ou mesmo obtê-los de maneira sintética é um dos mecanismos de defesa contra os radicais livres que podem ser empregados nas indústrias de alimentos, cosméticos, bebidas e também na medicina, já que algumas vezes os próprios medicamentos são capazes de elevarem a produção intracelular desses radicais (DOROSHOW, 1983; HALLIWELLH et al., 1995; WEIJL et al., 1997).

Os antioxidantes atuam em diferentes níveis na proteção do organismo:

- Impedir a formação dos radicais livres principalmente pela inibição das reações em cadeia constitui-se como sendo o primeiro mecanismo de defesa;

- Para interceptação de radicais livres advindos do metabolismo celular ou ainda de fontes externas é necessário a ação de substâncias antioxidantes, que impede o ataque sobre os lipídeos, os aminoácidos das proteínas, a dupla ligação dos ácidos graxos poliinsaturados e as bases do DNA, evitando a formação de lesões e perda da integridade celular. Os antioxidantes obtidos da dieta, tais como as vitaminas C, E e A, os flavonoides e carotenoides são extremamente importantes na interceptação dos radicais livres.
- Promover o reparo das lesões causadas pelos radicais se constitui em um outro mecanismo de proteção. Esse processo está relacionado com a remoção de danos da molécula de DNA e a reconstituição das membranas celulares danificadas.
- Alguns organismos conseguem se adaptar a determinadas situações de geração exacerbada desses radicais com o aumento da síntese de enzimas antioxidantes.
- O efeito somatório pelo uso concomitante das vitaminas C e E é freqüentemente mencionado na literatura, mostrando que a interação dessas vitaminas é efetiva na inibição da peroxidação dos lipídeos da membrana e na proteção do DNA (GEY, 1998).

Assim, é perfeitamente possível que um antioxidante atue como protetor em determinado sistema, mas que falhe na proteção em outros sistemas, ou tecidos (HALLIWELL et al., 1995).

Por ser um agente hidrofílico a vitamina C atua na fase aquosa como um excelente antioxidante sobre os radicais livres, não sendo capaz de atuar da mesma forma em base lipofílica (ODIN, 1997).

Os citros, assim como muitas frutas, são ricos em substâncias antioxidantes que ajudam a diminuir a incidência de doenças degenerativas, como o câncer, as doenças cardiovasculares, inflamações, disfunções cerebrais, e a retardar o envelhecimento precoce (PIMENTEL; FRANCKI; GOLLÜCKE, 2005).

As frutas e vegetais contêm muitos compostos com potencial atividade antioxidante, como vitaminas C e E, carotenoides, clorofilas, e uma variedade de antioxidantes fitoquímicos como compostos fenólicos simples e flavonoides (PELLEGRINI et al., 2007).

A maioria dos antioxidantes presentes em citros é vitamina C e polifenóis, mas em especial esta vitamina proporciona proteção contra a oxidação descontrolada no meio aquoso,

devido ao seu alto poder redutor (KLIMCKAC et al., 2007; JAYAPRAKASHA; PATIL, 2007).

A vitamina C (ácido ascórbico) é, geralmente, consumida em grandes doses pelos seres humanos, sendo adicionada a muitos produtos alimentares para inibir a formação de metabólitos nitrosos carcinogênicos. Esta vitamina advinda da dieta ou de suplementação é absorvida de forma rápida e eficiente por um processo dependente de energia. O consumo de doses altas pode levar ao aumento da concentração dessa vitamina nos tecidos e no plasma sanguíneo (AMARA-MOKRANE et al., 1996).

Os benefícios obtidos na utilização terapêutica da vitamina C em ensaios biológicos com animais incluem o efeito protetor contra os danos causados pela exposição às radiações e medicamentos (AMARA-MOKRANE et al., 1996). Os estudos epidemiológicos também atribuem a essa vitamina um possível papel de proteção no desenvolvimento de tumores nos seres humanos (LUPULESCU, 1993; DUTHIE et al., 1996).

Contudo, a recomendação de suplementação dessa vitamina deve ser avaliada especificamente para cada caso, pois existem muitos componentes orgânicos e inorgânicos nas células que podem modular a atividade da vitamina C, afetando sua ação antioxidante (LUPULESCU, 1993; DUTHIE et al., 1996).

Além do fator nutricional, a conveniência continua sendo um fator importante para os consumidores. A conveniência, quando atribuída aos alimentos, relaciona-se com a facilidade de estocagem e de preparo para o consumo doméstico (LUPULESCU, 1993; DUTHIE et al., 1996).

De acordo com Couto; Canniatti-Brazaca (2010) as diferentes espécies de laranjas apresentaram variação significativa na quantidade de vitamina C, sendo que a laranja-pera apresentou o menor valor (62,50 mg AA.100 mL<sup>-1</sup> de suco) e a laranja-natal o maior (84,03 mg AA.100 mL<sup>-1</sup> de suco).

Em estudo sobre compostos bioativos de diferentes variedades de frutas cítricas cultivadas em Taiwan, Wang, Chuang e Ku (2007) encontraram valores variáveis no teor de ácido ascórbico das frutas, e concluíram que o teor de vitamina C nos alimentos é variável de acordo com a região de cultivo, clima, época de colheita, mesmo sendo a mesma variedade.

De acordo com Costa & Vieira (2003) o contínuo crescimento no consumo de frutas, associado às melhorias que estão sendo introduzidas na qualidade dos alimentos, indicam que as polpas congeladas de frutas tropicais devem continuar ganhando mercado. Entretanto, os consumidores mais conscientes e esclarecidos quanto a qualidade nutricional dos alimentos,

estão imprimindo um novo padrão de necessidade nos alimentos, sendo que a qualidade e o valor nutricional devem ser preservados..

A melhoria na qualidade do produto é sempre incessantemente buscada pela indústria. Tal atributo é resultado de uma série de fatores como: aparência, textura, sabor, etc. e também por aqueles que não são identificados imediatamente pelos consumidores, que são: controle de contaminantes, propriedades funcionais, entre outros (ALVARENGA & TOLEDO, s. d.). O sistema de APPCC (análise de perigos e pontos críticos de controle) vem com a função de garantir a segurança dos alimentos produzidos. Esse método baseia-se na prevenção da ocorrência de perigos e na busca de ações corretivas para os desvios identificados, garantindo que o alimento chegue seguro ao consumidor. Franco (2007) aponta os pontos críticos de controle como uma ferramenta no controle de qualidade do produto e também como medida de contenção de gastos com produção.

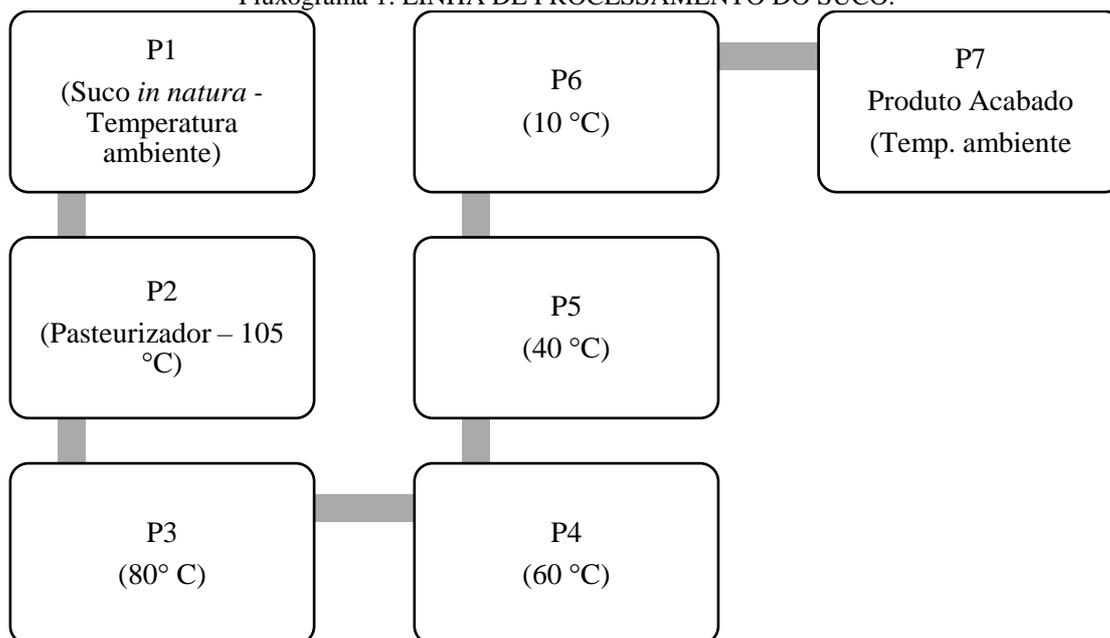
Em decorrência de problemas de manufatura, diferença de maturação das frutas e sazonalidade que podem variar grandemente seu teor de vitamina C e da alta instabilidade destes compostos, o produto final (suco) pode apresentar alteração significativa na composição qualitativa e quantitativa destes nutrientes (COSTA & VIEIRA, 2003). Tais fatores aliados a influência dos tratamentos sofridos ao longo dos APPCCs justifica e aponta os objetivos do presente trabalho.

## **2 METODOLOGIA**

### **2.1 COLETA E PREPARAÇÃO DA AMOSTRA**

As amostras foram coletadas diretamente em sete pontos críticos de controle (PCC) distribuídos ao longo do processo de concentração do suco de laranja, conforme demonstrado na figura 1. Em cada PCC coletou-se amostras em triplicatas para cada lote. Ao todo foram coletadas amostras de cinco lotes diferentes de suco de laranja. As amostras foram identificadas e posteriormente armazenadas em baixas temperaturas.

Fluxograma 1. LINHA DE PROCESSAMENTO DO SUCO.



## 2.2 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE SÓLIDOS SOLÚVEIS

A determinação de sólidos solúveis (°Brix) foi realizada em refratômetro digital (Instrutherm, modelo RTD-95), sendo aferido apenas uma vez por replicata de todos os lotes analisados.

## 2.3 Acidez das amostras

O pH das amostras foi aferido em pHmetro (TecponmPa 210), uma vez por replicata em todos os lotes.

## 2.4 DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

A capacidade antioxidante das amostras foi determinada pela redução do 2,2-difenil-1-picril-hidrazila (DPPH), segundo a metodologia proposta por COUTO (2010). Todas as amostras tiveram seu °Brix corrigido para aproximadamente  $4,5 \pm 0,45$ . Com o teor de sólidos solúveis corrigido, foram pesados aproximadamente 0,8 gramas de cada amostra e diluídas em 25 mL de etanol. O volume de 500  $\mu\text{L}$  de amostra foi transferido para um tubo de ensaio, acrescidos de 300  $\mu\text{L}$  da solução  $5.10^{-4}$  mol/L de DPPH e 3 mL de etanol. O branco foi preparado seguindo o mesmo procedimento sem a adição da amostra.

O percentual de decréscimo de DPPH foi medido por absorvância em espectrofotômetro (PG Instruments LTD – T80) à 517nm. A capacidade antioxidante foi expressa em porcentagem de DPPH reduzido, seguindo a equação abaixo:

$$\frac{(Ab_{S_{branco}} - Abs_{amostra}) \times 100}{Ab_{S_{branco}}}$$

## 2.5 DETERMINAÇÃO DE FENÓLICOS TOTAIS

Foi realizada a determinação de fenólicos com valores expressos em equivalentes de ácido gálico (mg Ác. Gálico/ 100 g amostra).

### 2.5.1 metodologia de quantificação de fenólicos totais

Para a análise de fenólicos totais, pipetou-se 500 µL de água, adicionou-se 125 µL da amostra e 125 µL do reagente de Folin-Ciocalteu. A mistura foi deixada em repouso por cerca de 6 minutos e em seguida adicionou-se 1,25 mL de solução de carbonato de sódio 7,5%, com posterior agitação em vórtex. Em seguida, guardou-se o extrato ao abrigo da luz por 90 minutos para posterior leitura da absorbância a 760 nm.

### 2.5.2 preparação da curva analítica

Foi preparada uma solução de ácido gálico na concentração de 150 mg/L. Em seguida foram realizadas diluições dessa solução em tubos de ensaio conforme expresso na tabela 1.

Tabela 1. DILUIÇÕES DE ÁCIDO GÁLICO PARA PREPARAÇÃO DA CURVA ANALÍTICA

| H <sub>2</sub> O (mL) | Ác. Gálico (mL) | Eq. Ác. Gál. (mg/l) |
|-----------------------|-----------------|---------------------|
| 4,00                  | 0,00            | 0                   |
| 3,60                  | 0,40            | 15                  |
| 3,20                  | 0,80            | 30                  |
| 2,80                  | 1,20            | 45                  |
| 2,40                  | 1,60            | 60                  |
| 2,00                  | 2,00            | 75                  |
| 1,60                  | 2,40            | 90                  |
| 1,20                  | 2,80            | 105                 |
| 0,80                  | 3,20            | 120                 |
| 0,40                  | 3,60            | 135                 |
| 0,00                  | 4,00            | 150                 |

Os tubos de ensaio contendo o ácido gálico foram mantidos ao abrigo da luz conforme descrito no item 3.5.1. Ao término dos 90 minutos foi realizada a leitura das alíquotas em

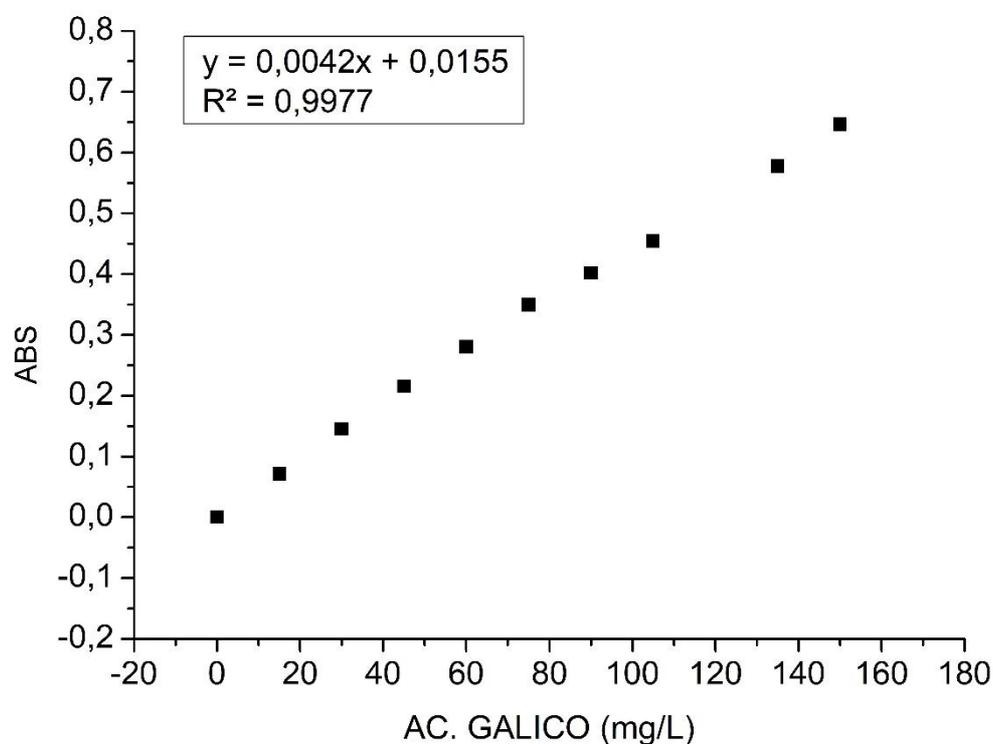
espectrofotômetro (PG Instruments LTD – T80) à 725 nm. A tabela 2 traz as absorvâncias obtidas para a curva analítica.

Tabela 2. ABSORBÂNCIAS OBTIDAS EM RELAÇÃO À CONCENTRAÇÃO DE ÁC. GÁLICO

| Ác.Gálico (mg) | ABS (nm) |
|----------------|----------|
| 0              | 0,000    |
| 15             | 0,072    |
| 30             | 0,146    |
| 45             | 0,216    |
| 60             | 0,281    |
| 75             | 0,350    |
| 90             | 0,402    |
| 105            | 0,455    |
| 135            | 0,578    |
| 150            | 0,647    |

Partindo-se desses valores obteve-se o gráfico com a curva analítica referente ao experimento.

Figura 1. CURVA ANALÍTICA DE FENÓLICOS TOTAIS



## 2.6 QUANTIFICAÇÃO DE VITAMINA C

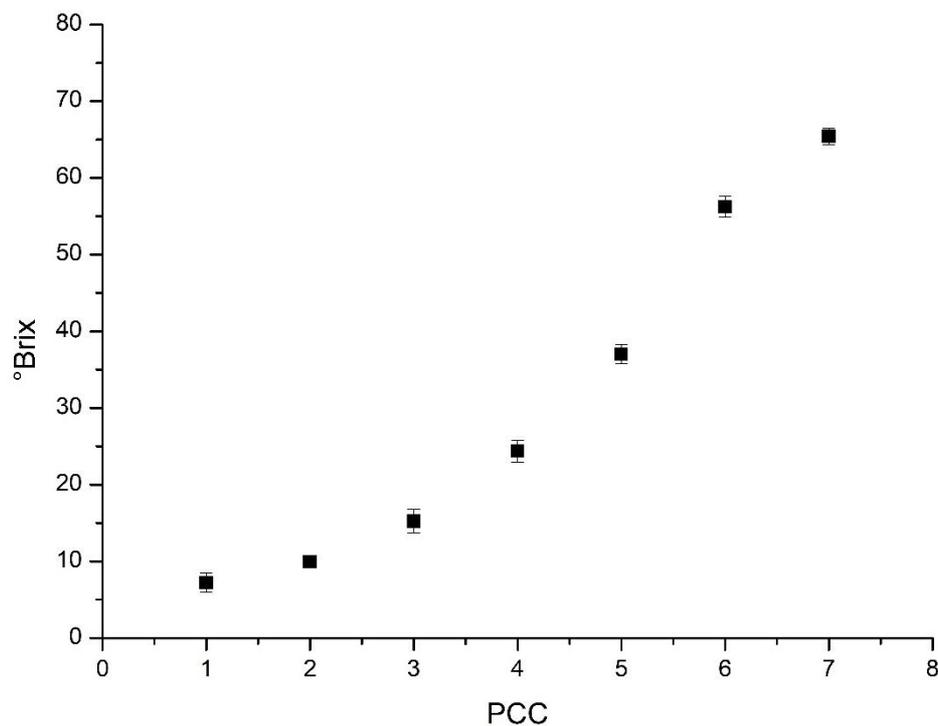
A quantificação de ácido ascórbico foi realizada através de titulação iodométrica, a partir de 25 mL da alíquota, utilizando amido como indicador. Todos os lotes foram analisados em triplicata.

## 3 RESULTADOS E DISCUÇÃO

### 3.1 TEOR DE SÓLIDOS SOLÚVEIS

A figura 2 apresenta os resultados referente a análise do teor de sólidos solúveis.

Figura 2. AVALIAÇÃO DO TEOR DE SÓLIDOS SOLÚVEIS AO LONGO DOS PONTOS CRÍTICOS DE CONTROLE



Conforme esperado o °Brix do suco aumentou ao longo da linha de produção, apontando a perda de água da bebida e aumento de sua viscosidade através dos pontos críticos de controle. A tabela 3 apresenta a análise estatística realizada para o teor de sólidos solúveis através dos sete pontos críticos de controle.

No ponto um onde o suco se encontra *in natura* pode-se verificar o menor valor de °Brix. Também é possível observar de forma mais clara o aumento na concentração dos sucos que se dá devido ao arraste de água, através da evaporação que ocorre durante o processamento do produto. Foi verificada diferença estatística em todos os pontos analisados no teste de Scott-

Knott com 5% de significância o que demonstra que ponto a ponto dentro da linha de produção observou-se o efeito da perda de água na bebida e o efeito da concentração pôde ser verificado.

Tabela 3. ANÁLISE ESTATÍSTICA DO TEOR DE SÓLIDOS SOLÚVEIS AO LONGO DOS PCCS

| Amostras | ° Brix                    |
|----------|---------------------------|
| 1        | 7,22 <sup>g</sup> ± 1,29  |
| 2        | 9,97 <sup>f</sup> ± 0,77  |
| 3        | 15,22 <sup>e</sup> ± 1,55 |
| 4        | 24,38 <sup>d</sup> ± 1,44 |
| 5        | 37,02 <sup>c</sup> ± 1,28 |
| 6        | 56,24 <sup>b</sup> ± 1,34 |
| 7        | 65,40 <sup>a</sup> ± 0,30 |

### 3.2 PH

A tabela 4 traz a análise estatística dos resultados encontrados na determinação do pH nos pontos críticos de controle.

Tabela 4. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS VALORES DE PH

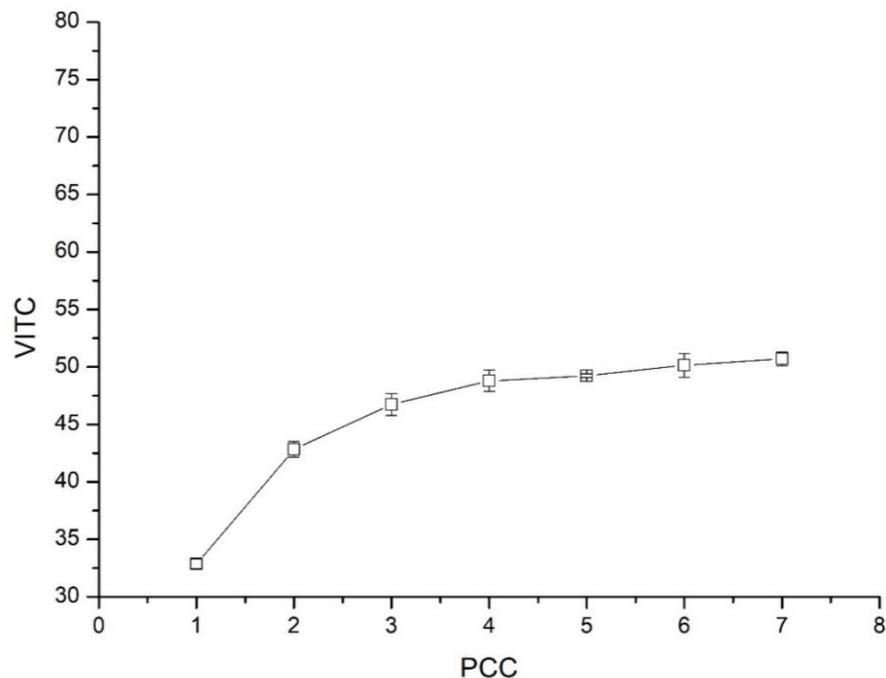
| Amostras | pH                       |
|----------|--------------------------|
| 1        | 3,72 <sup>c</sup> ± 0,1  |
| 2        | 3,79 <sup>b</sup> ± 0,1  |
| 3        | 3,83 <sup>a</sup> ± 0,21 |
| 4        | 3,85 <sup>a</sup> ± 0,11 |
| 5        | 3,83 <sup>a</sup> ± 0,08 |
| 6        | 3,84 <sup>a</sup> ± 0,09 |
| 7        | 3,85 <sup>a</sup> ± 0,07 |

Houve diferença estatística nos pontos 1 e 2 em relação aos outros pontos analisados. Essa diferença pode ser explicada pelo fato de que no ponto 1 o suco *in natura* é composto pela mistura de diversas variedades de laranja. Couto & Canniatti-Brazaca (2010) apontam que diferentes variedades de laranjas apresentam variáveis valores de pH, acidez titulável e teor de sólidos solúveis. No ponto dois ocorre a etapa de pasteurização e conseqüentemente o primeiro arraste de água, o que acarreta na homogeneização das amostras bem como na estabilização do pH observado nos pontos seguintes.

### 3.3 TEOR DE VITAMINA C;

A figura 3 apresenta os resultados obtidos na quantificação de vitamina C realizada ao longo dos sete pontos críticos de controle analisados.

Figura 3. QUANTIFICAÇÃO DE VITAMINA C



O gráfico aponta uma curva crescente, demonstrando o aumento da concentração de vitamina C, com tendência a se estabilizar. No primeiro ponto coletado, onde o suco encontra-se a temperatura ambiente e sem nenhum tratamento térmico, o teor médio de vitamina C encontrado foi 32,96 mg em 100 mL de suco. Em seguida, o processo sofre o primeiro tratamento térmico, onde a temperatura encontra-se acima de 100 °C. Nesse ponto houve um acréscimo de aproximadamente 30% na concentração de ácido ascórbico, Gil-Izquierdo, Gil e Ferreres (2002) mostraram em seus estudos que sucos de laranja processados industrialmente obtiveram um acréscimo de aproximadamente 19% nos teores de vitamina C após o processo térmico de pasteurização no binômio de 95°C/30s, assim, levando-se em consideração que a empresa estudada empregou valores mais altos de tratamento é possível de se entender o porquê de uma obtenção de valores um pouco superiores de vitamina C apresentados ao final. Estudos demonstraram que a elevação da temperatura de sucos de laranja é proporcional ao aumento da concentração de vitamina C, porém em temperaturas mais brandas ou abaixo de 50 °C não ocorre formação significativa deste composto. No estágio onde o suco encontrava-

se a 80 °C constatou-se um aumento aproximado de 9,1%, quando se reduziu a temperatura média de 15 °C não foi possível verificar acréscimo significativo de vitamina C. Ao final de todo o processo constatou-se 50,71 mg de vitamina C em 100 mL de suco. A utilização de altas temperaturas no processo de fabricação de sucos de laranja concentrados influencia significativamente no aumento da concentração de vitamina C.

### 3.4 FENÓLICOS TOTAIS

A tabela 5 apresenta os resultados obtidos para os teores de compostos fenólicos totais com o teor de sólidos solúveis corrigidos e com diluição de 1:1, que foram analisados ao longo dos sete pontos críticos de controle.

Tabela 5. COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS.

| PCC | Teor de Fenólicos totais mg/L |
|-----|-------------------------------|
| 1   | 258,82 <sup>b</sup> ± 23,07   |
| 2   | 269,99 <sup>a</sup> ± 36,61   |
| 3   | 277,38 <sup>a</sup> ± 26,40   |
| 4   | 258,76 <sup>b</sup> ± 25,61   |
| 5   | 271,69 <sup>a</sup> ± 25,27   |
| 6   | 255,70 <sup>b</sup> ± 18,13   |
| 7   | 260,05 <sup>b</sup> ± 20,78   |

Diante dos dados expostos na tabela acima pode-se perceber que o processo de concentração não influenciou ( $p > 0,05$ ), na concentração de compostos fenólicos presentes no suco, mesmo com o leve crescimento (aprox. 0,47%) notado entre o ponto 1 e o ponto 7. Gil-Izquierdo, Gil e Ferreres (2002) apontam que o processo de concentração do suco de laranja não influencia significativamente nos teores de compostos fenólicos presentes no mesmo.

Kelebek et al. (2009) apontaram em seus estudos de quantificação valores de 317,16 mg/L de compostos fenólicos para o suco de laranja. Estes dados se aproximam aos encontrados neste trabalho considerando-se que o suco utilizado pertence a um cultivar turco e a sazonalidade também não foi especificada.

Quando avaliado, o processo de pasteurização, ocasionou um aumento de cerca de 7,17% no teor de fenólicos totais, porém após esse processamento térmico, a concentração de

tais compostos volta ao seu estado inicial, o que demonstra que o processo de pasteurização não influencia no resultado final do produto. Gil-Izquierdo, Gil e Ferreres (2002) não encontraram diferença estatística entre os sucos antes e depois do processo de pasteurização.

Xu, *et al.* (2007), apontam que os compostos fenólicos são formados por ligações do tipo éster e estas ligações podem ser quebradas com aquecimento. Em seu estudo sobre a influência da temperatura nos compostos fenólicos, mostraram que as concentrações dessas substâncias aumentaram com o tratamento térmico a temperaturas similares a de pasteurização do suco. Também traz que o efeito do aquecimento ao longo de 90 minutos pode ser prejudicial à concentração de tais compostos, pois em seus resultados apontam queda nos valores obtidos para fenólicos totais ao longo do tempo.

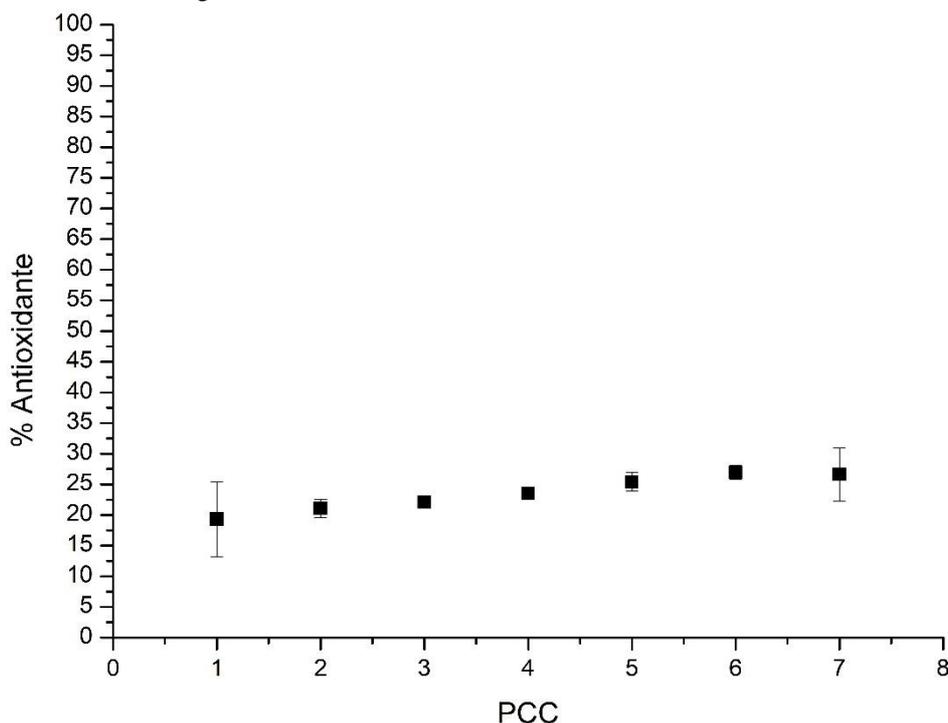
Jeong *et al.* (2004) aponta que tratamentos térmicos em temperaturas mais brandas acabam por não surtir efeito na clivagem das ligações covalentes dos compostos fenólicos o que resulta em um acréscimo quase que inexistente da concentração desses compostos.

### 3.5 CAPACIDADE ANTIOXIDANTE;

A figura 5 apresenta os resultados médios obtidos para a análise da capacidade antioxidante ao longo dos pontos críticos de controle.

Analisando a figura abaixo pode-se perceber que ao longo da linha de processamento do suco houve um acréscimo de sua capacidade antioxidante. Jeong *et al.* (2004) aponta que tratamentos térmicos acarretam no aumento da capacidade antioxidante de certos produtos. De acordo com os estudos de Sartori, Costa e Ribeiro (2014) o suco de laranja se destacou dos demais, apontando para a bebida processada valores de capacidade antioxidante superiores ao evidenciado por estudos que avaliaram a fruta fresca, o que aponta para este incremento da capacidade antioxidante que no caso desta bebida está diretamente relacionado com o acréscimo dos teores de vitamina C observado durante o tratamento térmico.

Figura 4. CAPACIDADE ANTIOXIDANTE NOS PCCS



O presente trabalho utilizou-se das variedades laranja pera, laranja folha murcha, laranja Iapar e laranja valência para composição do *blend* que resulta no suco produzido pela indústria. Assim se compararmos a capacidade antioxidante deste suco que apresentou valores médios de 25% com estudos de Couto e Canniatti-Brazaca (2010) é possível verificar que a bebida analisada ainda possui uma capacidade antioxidante menor do que os dados apontados em literatura. No entanto os pesquisadores deixaram de avaliar em suas pesquisas as variedades, Iapar e folha murcha que podem possuir um teor menor desta capacidade antioxidante fazendo o valor total do blend diminuir.

#### 4 CONCLUSÃO

O tratamento térmico aplicado ao suco *in natura* em seu processo de concentração acaba por agregar características benéficas já que aponta para o aumento da biodisponibilidade da vitamina C e aparente não comprometimento da capacidade antioxidante da bebida. No entanto, recomenda-se tratamentos térmicos adequados que não extrapolem condições usuais para que não ocorram depleção de vitamina nem agregação de sabores anômalos ao suco. O tratamento térmico auxilia de alguma maneira na liberação de compostos fenólicos e antioxidantes e esta característica em potencial pode fornecer ao produto um apelo comercial diferenciado. Isso não impede que outros tratamentos não térmicos sejam buscados e

aperfeiçoados como alternativas na busca de uma melhor qualidade de vida com alimentos funcionais.

## REFERÊNCIAS

ALVARENGA, A. L. B.; TOLEDO, J. C.; **Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) como sistema para garantia da qualidade e segurança de alimentos: estudo de caso em uma pequena empresa processadora de bebidas.** Rio de Janeiro, não datado. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Jose\\_Toledo4/publication/241162107/links/56e2c27708aeb97cabf8fbc/Analise-de-Perigos-e-Pontos-Criticos-de-Controle-APPCC-como-sistema-para-garantia-da-qualidade-e-seguranca-de-alimentos-estudo-de-caso-em-uma-pequena-empresa-processadora-de-bebidas.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jose_Toledo4/publication/241162107/links/56e2c27708aeb97cabf8fbc/Analise-de-Perigos-e-Pontos-Criticos-de-Controle-APPCC-como-sistema-para-garantia-da-qualidade-e-seguranca-de-alimentos-estudo-de-caso-em-uma-pequena-empresa-processadora-de-bebidas.pdf)>. Acesso em: 30 de novembro de 2017.

AMARA-MOKRANE, Y.A., et al. Protective effects of a-hederin, chlorophyllin and ascorbic acid towards the induction of micronuclei by doxorubicin in cultured human lymphocytes. **Mutagenesis**, Oxford, v.11, n.2, p.161-167, 1996.

ANDERSON, D. Antioxidant defences against reactive oxygen species causing genetic and other damage. **Mutation Research**, Amsterdam, v.350, n.1, p.103-108, 1996.

BRAND-WILLIAMS, W.; CULIVER, M.E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.

COSTA, T. A.; VIEIRA, R. F. **Polpa congelada de acerola: conveniência e qualidade nutricional.** v. 25, abr. 2003. Disponível em: <[www.clubedofazendeiro.com.br](http://www.clubedofazendeiro.com.br)>. Acesso em: 18 ago. 2006.

COUTO, M. A. L.; CANNIATTI-BRAZACA S. G. Quantificação de Vitamina C e a Capacidade Antioxidante de Variedades Cítricas. **Ciência e tecnologia de alimentos**, Campinas, v. 30, p. 15-19, mai. 2010.

DOROSHOW, J.H. Effect of anthracycline antibiotics on oxygen radical formation in rat heart. **Cancer Research**, Baltimore, v.43, n.2, p.460-472, 1983.

DUTHIE, S.J., MA, A., ROSS, M.A., COLLINS, A.R. Antioxidant supplementation decreases oxidative DNA damage in human lymphocytes. **Cancer Research**, Baltimore, v.56, n.6, p.1291-1295, 1996.

FLOEGEL, A. A., et al. Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods. **Journal of Food Composition and Analysis**. v. 24, p. 1043–1048, 2011.

FRANCO, M. J. M.; **Aplicação da metodologia de APPCC – análise de perigos e pontos críticos de controle – como ferramenta para resíduo de água na indústria: modelo ara indústria de aromas e essências.** Dissertação. USP. São Paulo. 2007.

GEY, K.F. Vitamins E plus C and interacting conutrients required for optimal health. **Biofactors**, Oxford, v.7, n.1/2, p.113-174, 1998.

GIL-IZQUIERDO, A.; I. GIL, M. I.; FERRERES, F.; Effect of Processing Techniques at Industrial Scale on Orange Juice Antioxidant and Beneficial Health Compounds. **J. Agric. Food Chem.** v. 50, p. 5107-5114, 2002.

HALLIWELL, B. **Free radicals and antioxidants: a personal view.** **Nutrition Reviews**, New York, v.52, n.8, p.253-265, 1994.

HALLIWELL, B., et al. The characterization on antioxidants. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v.33, n.7, p.601-617, 1995.

INSTITUTO FNP – IFNP. **Agrianual 2007: anuário da agricultura brasileira.** São Paulo, 2006. 516 p.

JAYAPRAKASHA, G. K.; PATIL, B. S. In vitro evaluation of the antioxidant activities in fruit extracts from citron and blood orange. **Food Chemistry**, v. 101, n. 1, p. 410-418, 2007.

JEONG, S., et al. Effect of Heat Treatment on the Antioxidant Activity of Extracts from Citrus Peels. **J. Agric. Food Chem.** v. 52, p. 3389-3393, 2004.

KELEBEK, H., et al. Hplc determination of organic acids, sugars, phenolic compositions and antioxidant capacity of orange juice and orange wine made from a Turkish cv. Kozan. **Microchemical Journal.** v. 91, p.187–192, 2009.

KLIMCZAK, I. et al. Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, n. 3-4, p. 313-322, 2007.

LUPULESCU, A. The role of vitamins A, b-carotene, E and C in cancer cell biology. **International Journal for Vitamin and Nutrition Research**, Bern, v.63, n.3, p.3-14, 1993.

MOREIRA, R. C. **Processamento mínimo de tangor “Murcott”:** caracterização fisiológica e recobrimentos comestíveis. Piracicaba, 2004. 72 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade de São Paulo – USP.

MORITA, T.; ASSUMPÇÃO, R. M. V. **Manual de Soluções, Reagentes e Solventes.** 2ªed. Editora Blucher. São Paulo. 2009.

NEVES, M. F.; LOPES, F. F. **Estratégias para a laranja no Brasil.** São Paulo: Ed Atlas, 2005. 225 p.

ODIN, A.P. **Vitamins as antimutagens:** advantages and some possible mechanisms of antimutagenic action. **Mutation Research**, Amsterdam, v.386, n.1, p.39-67, 1997.

PELLEGRINI, N. et al. **Evaluation of antioxidant capacity of some fruit and vegetable foods:** efficiency of extraction of a sequence of solvents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 87, n. 1, p. 103-111, 2007.

PIMENTEL, C. V. M. B.; FRANCKI, V. M.; GOLLÜCKE, A. P. B. **Alimentos funcionais: introdução as principais substâncias bioativas em alimentos.**São Paulo: Ed. Varela, 2005. 95 p.

POMPELLA, A. Biochemistry and histochemistry of oxidant stress and lipid peroxidation.**International Journal of Vitamin and Nutrition Research**, Bern, v.67, n.5, p.289-297, 1997.

SARTORI, G, V.; COSTA, C. N.; RIBEIRO, A. B.;Conteúdo Fenólico e Atividade Antioxidante de Polpas de Frutas Congeladas.**Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos** v. 5, n. 3, p. 8–14. 2014.

SIES, H. Strategies of antioxidant defense Review. **European Journal of Biochemistry**, Berlin, v.215, n.2, p.213-219, 1993.

WEIJL, N.I., CLETON, F.J., OSANTO, S. Free radicals and antioxidants in chemotherapy-induced toxicity.**Cancer Treatment Reviews**, London, v.23, n.4, p.209-240, 1997.

XU, G.; YE, X.; CHEN, J.; LIU, D.; Effect of Heat Treatment on the Phenolic Compounds and Antioxidant Capacity of Citrus Peel Extract.**J. Agric. Food Chem.** v. 55, p. 330-335, 2007.