



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

JÉFFERSON MALVEIRA CAVALCANTE

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DO TRATAMENTO TÉRMICO
SOBRE O SUCO DE MELÃO: USO DA METABOLÔMICA
PARA SELEÇÃO DE MARCADORES**

FORTALEZA
2010

JÉFFERSON MALVEIRA CAVALCANTE

Avaliação dos efeitos do tratamento térmico sobre o suco de melão: uso da metabolômica para seleção de marcadores

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Química, da Universidade Federal do Ceará, para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Química.

Área de concentração: Processos Químicos e Bioquímicos.

Orientador: Dr. Edy Sousa de Brito

FORTALEZA
2010

C364a Cavalcante, Jefferson Malveira
Avaliação dos efeitos do tratamento térmico sobre o suco de melão: uso da
metabolômica para seleção de marcadores / Jefferson Malveira Cavalcante. –
Fortaleza, 2010.
65 f. ; il. color. enc.

Orientador: Prof. Dr. Edy Sousa de Brito
Área de concentração: Processos Químicos e Bioquímicos.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de
Tecnologia, Depto. de Engenharia Química, Fortaleza, 2010.

1. Suco de melão. 2. Metabolômica. 3. Pasteurização. I. Brito, Edy Sousa de
(Orient.). II. Universidade Federal do Ceará – Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Química. III. Título.

CDD 660

JÉFFERSON MALVEIRA CAVALCANTE

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DO TRATAMENTO TÉRMICO SOBRE O
SUCO DE MELÃO: USO DA METABOLÔMICA PARA SELEÇÃO DE
MARCADORES**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Química,
da Universidade Federal do Ceará, para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Química.

Aprovada em 23 / 07 / 2010

BANCA EXAMINADORA:



Dr. Édy Sousa de Brito (Orientador)
Embrapa Agroindústria Tropical



Prof. Dr. Fabiano André Narciso Fernandes
Universidade Federal do Ceará - UFC



Dr. Kirley Marques Canuto
Embrapa Agroindústria Tropical

Aos meus pais, Jucival e Antonia, pelo exemplo de coragem, determinação, persistência e simplicidade em suas metas.

Aos meus irmãos, Jucianne e Tiago, que muito me ajudaram a chegar onde estou.

Ao meu avô, vovô Deca (*in memorian*), pelo exemplo de vida.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Edy Sousa de Brito, pela valiosa orientação, ensino e incentivo no decorrer do curso de mestrado e na avaliação deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Fabiano André Narciso Fernandes e ao Dr. Kirley Marques Canuto pelas excelentes sugestões por ocasião do Exame de Qualificação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento do projeto.

À Universidade Federal do Ceará e em especial ao curso de mestrado em Engenharia Química pelo conhecimento e experiência adquirida.

À Embrapa Agroindústria Tropical pela utilização de seus laboratórios durante a realização deste trabalho.

Aos meus pais Antonia Malveira Cavalcante e Jucival Ferreira Cavalcante pelo encorajamento em todas as fases de minha vida, pelo seu amor e por suas orações.

Ao meu irmão e grande amigo Tiago Malveira que tanto me incentivou, ajudou e apoiou durante toda a minha vida.

À minha irmã Jucianne e aos meus sobrinhos Carlos Neto e Fernanda Lys pelo apoio e horas de descontração.

Aos meus avós Alzira e Sebastião pelo carinho, incentivo e apoio.

Aos meus tios e tias, em especial as tias Aurilênia, Alzirene e Fátima e ao tio Paulo, que tanto me incentivaram e apoiaram durante toda a minha vida.

Aos meus primos e primas, em especial Ananias, Tarcísio, Gleyciara e Kamila, pela ajuda, incentivo e momentos de descontração.

À secretária do Programa de pós-graduação em engenharia química Maria pela paciência, apoio e incentivo.

À Prof^a. Dra. Maria do Carmo Rodrigues e Prof^a. Dra Maria das Graças Castilho, pelo ensino e incentivo no decorrer do curso de graduação em Engenharia de Alimentos.

Aos meus amigos Marina Rebouças, Leandro Damasceno, Edmilson Torres, Kelvin Rocha, David Rodrigues, Cidão Lisboa e Yuri Farofa, Davi Gabriel, Lane Lemos, Emanuela Almeida, Jânio Mázio, Alexandre Pacheco, Leandro Ciarlini, Hélio Silveira, Germano Oliveira, Paulo de Maria, Kelly Mineiro, Soraya Lima, Rogério Bandeira, Natanael Rolim, Saulo Sales, Alessandro Reis, Vítor Viana, Rodrigo Pinheiro, Michelle Rodrigues, irmãos Barahuna, irmãos Tahim, Dennys Leite, Nepomuceno de Andrade, Rubens Carius, Wagner Ribas, Itana Custódio, Ana Paula Gabriel, Suyane Gomes, Thiago Almeida, Carla Fabíola, Hilton Magalhães, Ravena Vidal, Débora Pinto e Fernando Bacelar pela amizade, apoio, incentivo e momentos de descontração.

Aos amigos de mestrado Janaina Vieira, Francisca Maria Mesquita, Kerolaine Rodrigues, Milena Freitas, Tatiana Mascarenhas, Manuella Macêdo, Valéria Melo, Assis Mota e Cleiton Santos pelas reflexões, apoio, incentivo, críticas, sugestões recebidas, momentos de descontração e estudos em grupo.

Aos amigos da pós-graduação do curso de Engenharia de Alimentos da UFSC Thiago Capinzal, Cristiano Dannenhauer, Jaqueline Moraes, Jamile Rampinelle, Rossana Podestá, Fabian Cantoni, Cristhiane Krueger, Fernanda Corrêa, Bianca Cappelletti, Gustavo Rodrigues e Andrea Pinho pelo apoio, incentivo e momentos de descontração.

Aos amigos do Projeto Rondon, em especial ao Coronel Adyr e ao Prof. Sebastião Sousa pelo apoio, incentivo e ensinamentos.

Aos amigos do Projeto Viva +, em especial ao Prof. Paulo André Bessa pelo apoio e grande incentivo para uma melhor qualidade de vida.

Aos amigos de infância Flávio Pimenta, Alan Silva, Everton Luiz, Radanmes Vieira, Fabrício Machado e João Martins Neto pela amizade e incentivo.

Aos amigos da Comunidade Corridas de Rua do Orkut, em especial ao Enrico Rissi,

Pádua Gomes, Djacir Braga, Lia Campos, Fernando Eudes, Diniz Gurgel, Luciana Lima, José Márcio Borges, Henrique Portela, Ronaldo Rodrigues e Fred Jucá, pelo apoio e incentivo. “E vamos que vamos”!

Enfim, a todos que de alguma forma me ajudaram na realização deste trabalho.

*"No meio da dificuldade vive a oportunidade."
(Albert Einstein)*

RESUMO

A tendência crescente pela elaboração de produtos alimentícios com propriedades melhoradas e que apresentem, ao mesmo tempo, processo de fabricação, estocagem e aplicação simples, rápido e econômico tem motivado a indústria de alimentos a investigar novas técnicas no controle de qualidade de processos e a consequente redução dos riscos à saúde do consumidor e ao meio ambiente. O objetivo deste trabalho é avaliar a influência do binômio tempo/temperatura sobre o perfil de metabólitos do suco de melão submetido a tratamento térmico. A metodologia adotada consiste nas seguintes etapas: Obtenção do suco - Tratamento Térmico - Preparação das amostras - Análise Cromatográfica - Bioinformática - Avaliação estatística. As variáveis estudadas foram o tempo (0,16-31min) e a temperatura (66-94°C), empregando um Delineamento Composto Central Rotacional 2². Foram encontrados 101 picos, 57 (56.44%) foram degradados, formados ou mantiveram-se sem alterações em alguns ensaios e 44 (43.56%) estavam presentes em todos os tratamentos, sendo que apenas 37 foram submetidos à análise estatística por apresentarem coeficiente de variação abaixo de 30% nos pontos centrais. Dentre os metabólitos do suco de melão tratado termicamente que estavam presentes em todos os tratamentos foram selecionados os picos 4 (1- metil-ciclo-hexanol), 17 (ácido isovalérico) e 20 (glicina), por estarem distribuídos em níveis variados nos gráficos de curvas de contorno da superfície de resposta e apresentarem termos que exerceram efeito estatisticamente significativo sobre a formação e/ou degradação dos mesmos no diagrama de Pareto. As informações quantitativas e qualitativas obtidas referentes ao comportamento do perfil de metabólitos de suco de melão submetido a tratamento térmico podem ser utilizadas para monitorar e controlar o processamento térmico do produto.

Palavras-chave: Suco de Melão. Metabolômica. Pasteurização.

ABSTRACT

The increasing trend for the elaboration of nourishing products with improved properties and that they present, at the same time, process of manufacture, simple stockage and application, fast economic e has motivated the food industry to investigate new techniques in the quality control of processes and the consequent reduction of the risks to the health of the consumer and the environment. The objective of this work is to evaluate the influence of the time and temperature on the metabolic profile of the submitted melon juice the thermal treatment. The adopted methodology consists of the following stages: Attainment of the juice - Thermal Treatment - Sample preparation - Chromatographic Analysis - Bioinformatics - Evaluation statistics. The studied variable had been the time (0,16-31min) and the temperature (66-94°C), using a central composite delineation 2². Found 101 peaks, 57 had been found (56,44%) had been degraded, formed or had been remained without alterations in some assays and 44 (43,56%) were present in all the treatments, being that only 37 had been submitted to the analysis statistics for presenting coefficient of variation below of 30% in the points central offices. Amongst the metabolics of the treat melon juice that they were present in all the treatments had been thermally selected peaks 4 (methyl ciclohexane), 17 (isovaleric acid) and 20 (glycine), for being distributed in levels varied in the graphs of curves of contour of the reply surface and to present terms that had statistical exerted significant effect on the formation and/or degradation of the same ones in the diagram of Pareto. Referring the quantitative and qualitative information gotten to the behavior of the metabolic profile of submitted melon juice the thermal treatment can be used to monitor and to control the thermal processing of the product.

Keywords: Melon juice. Metabolome. Pasteurization.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	xiii
LISTA DE TABELAS	xiv
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	04
2.1. Melão (<i>Cucumis melo</i> L.)	04
2.2. Tratamento térmico	06
2.3. Delineamento estatístico	10
2.4. Metabolômica	12
3. MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1. Material	19
3.2. Metodologia	19
3.2.1. Despolpagem - Obtenção do suco	20
3.2.2. Tratamento térmico - Pasteurização	20
3.2.3. Preparação da amostra	22
3.2.4. Análise Cromatográfica	23
3.2.5. Bioinformática	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5. CONCLUSÕES	41
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
7. APÊNDICE	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Reação de Maillard.....	08
Figura 2	Esquema geral de formação de furanos.....	09
Figura 3	Representação esquemática do DCCR 2 ²	11
Figura 4	Metabolismo celular em nível molecular	13
Figura 5	Melão (<i>Cucumis melo</i> L.) Galia	19
Figura 6	Fluxograma geral de processamento e análise de suco de melão	19
Figura 7	Sistema utilizado no tratamento térmico	21
Figura 8	Desenho esquemático de obtenção do extrato do suco de melão.....	22
Figura 9	Desenho esquemático de análise experimental e processamentos dos dados	24
Figura 10	Cromatograma do perfil de metabólitos de suco de melão.	25
Figura 11	Cromatograma com detalhe da região de 30 a 40 min, do perfil de metabólitos de suco de melão	26
Figura 12	Diagramas de Pareto: nível de 90% de confiança ($p < 0,10$)	32
Figura 13	Avaliação dos efeitos padronizados dos diagramas de Pareto, nível de 90% de confiança ($p < 0,10$).	33
Figura 14	Avaliação dos efeitos padronizados positivos e negativos dos diagramas de Pareto, nível de 90% de confiança ($p < 0,10$)	33
Figura 15	Curvas de níveis de Superfície de resposta em função da temperatura e do tempo	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Dados econômicos das principais frutas frescas no Brasil.....	01
Tabela 2.	Valor Nutricional do melão tipo Galia	04
Tabela 3.	Binômio tempo-temperatura para a pasteurização, como tratamento térmico	07
Tabela 4.	Aplicação do Delineamento Composto Central Rotacional no Estudo de Produtos de Origem Vegetal (POV).....	12
Tabela 5.	Comparação entre Diferentes Técnicas de Metabolômica.....	14
Tabela 6.	Metabolômica: aplicações	16
Tabela 7.	Matriz do Delineamento Composto Central Rotacional 2 ²	20
Tabela 8.	Condições de operação do Cromatógrafo QP2010 Shimadzu	23
Tabela 9.	Resultados dos experimentos do DCCR 2 ² para os picos presentes em todos os tratamentos (PC abaixo de 30% de co-variação)	27
Tabela 10.	Funções representativas do comportamento do perfil de metabólitos que apresentam diferença significativa no suco de melão	34
Tabela 11.	Áreas integralizadas dos picos resultantes do estudo com suco de melão	50

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a agroindustrialização como estratégia de política pública é relativamente recente. O intuito de elevar o valor agregado através de processamento de produtos agrícolas começou a fazer parte do discurso governamental somente ao final dos anos da década de 60 do século 20 (RAMOS *et al.*, 2007).

Em 2005, o conjunto do agronegócio nacional foi responsável por 29.9% do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil, sendo que o segmento familiar da agropecuária brasileira e as cadeias produtivas a ela interligadas responderam por 9.0% do PIB brasileiro (GUILHOTO *et al.*, 2007). Ometto (2010) relata que o agronegócio brasileiro representa na atualidade 27% do PIB nacional, 37% dos empregos existentes em todo o Brasil, 42% das exportações, 215 mercados conquistados e o terceiro exportador mundial.

Nos últimos 16 anos, o estado do Ceará deu um salto significativo na exportação de frutas, saindo de US\$ 874.000, em 1994, para US\$ 106 milhões em 2009 (REVISTA DA FIEC, 2010).

Há uma grande ascensão na produção e comercialização do melão (*Cucumis melo* L.) em todo mundo, sendo o Brasil um dos países com aumento de áreas plantadas, investimentos e exportação, 5.19, 64.26 e 58.01% de 2006 para 2008, respectivamente. Na Tabela 1, encontram-se dados sobre produção, investimentos e exportação das principais frutas frescas cultivadas no país.

Tabela 1 – Dados econômicos das principais frutas frescas no Brasil

Fruta	Área Plantada*		Investimento**		Exportação***	
	2006	2008	2006	2008	2006	2008
Banana	47.000,00	56.450,00	306	485	38.555.322	35.657.717
Mamão	27.000,00	23.919,00	472	478	30.330.909	38.619.448
Manga	33.189,00	40.037,00	248	380	87.241.589	118.703.985
Melão	13.500,00	14.200,00	249	409	88.241.589	152.123.031
Uva	36.702,00	27.628,50	954	1.094	118.535.022	171.456.124
Total	157.391,00	162.234,50	2.229	2.846	362.904.431	516.560.305

Fonte: Adaptado Revista HortiFruti Brasil Anuário 2006-2007 e 2008-2009 / Anuário Brasileiro da Fruticultura 2009 / IBRAF (2010)

*ha ** R\$ milhões *** US\$FOB

O melão (*Cucumis melo* L.) é o fruto da família Cucurbitaceae, exótica, originária da África ou Ásia tropical que apresenta, de um modo geral, formato globóide-alongado, (CHITARRA & CHITARRA, 2006).

Os principais países importadores da fruta brasileira são Holanda, Reino Unido, Espanha e Alemanha (HORTIFRUTI BRASIL, 2009).

Devido às melhorias nas condições de cultivo e à abertura de comércio, pesquisas são desenvolvidas no sentido de agregar valor e promover um controle de qualidade eficaz durante o processamento dos produtos agroindustriais primários.

Dentre os produtos que apresentam valor agregado, temos a polpa e o suco de melão. A polpa é o produto não fermentado e não diluído submetido a processamento tecnológico adequado, obtido da parte comestível da fruta melão, enquanto que o suco que é uma bebida não concentrada e não diluída obtida do melão fresco, são e maduro (BRASIL, 2000; FRUTAS E DERIVADOS, 2007).

Cuidar da qualidade, termo que retrata o grau de excelência de um produto, há muito tempo deixou de ser fator diferenciador e passou a ser um requisito indispensável para se participar do mercado (KLEE, 2010; PEINADO & GRAEML, 2007).

As grandes mudanças que estão ocorrendo nos mercados, nas pesquisas científicas, no perfil dos clientes, nas demandas da sociedade e na tecnologia, têm exigido alto desempenho das organizações. Para que uma organização possa encontrar o caminho do sucesso em sua missão é essencial que as pessoas que a integram se envolvam e se comprometam com a busca da excelência da gestão (CRITÉRIOS DE EXCELÊNCIA, 2009).

A tendência crescente de elaboração de produtos alimentícios com propriedades melhoradas e que apresentem, ao mesmo tempo, processo de fabricação, estocagem e aplicação simples, rápida e econômica tem motivado a indústria de beneficiamento de frutos a investigar novas técnicas no controle de qualidade de processos e a conseqüente redução dos riscos à saúde do consumidor e ao meio ambiente.

O conhecimento do comportamento do perfil de metabólitos de produtos de origem vegetal submetidos a tratamento térmico é essencial na identificação de compostos e atribuição de marcadores de parâmetros de qualidade no processamento de suco de frutas, além de ser um parâmetro de grande importância para o controle de qualidade e a aceitabilidade dos consumidores.

A metabolômica é a plataforma tecnológica mais indicada na caracterização dos principais metabólitos do suco de melão submetido a tratamento térmico, pois o metabolismo

secundário contribui com os aromas, os sabores e as cores dos alimentos (BRAZ FILHO, 2010).

Diante deste contexto, o desenvolvimento de novas técnicas analíticas com especificidade, exatidão, facilidade de uso, precisão, rapidez e sensibilidade que ofereçam o máximo de informações sobre os parâmetros de qualidade de produtos alimentícios processados se apresentam como um desafio para os pesquisadores.

Em suma, os objetivos gerais e específicos são os seguintes:

- ✓ Avaliar o efeito do tratamento térmico sobre o perfil de metabólitos do suco de melão.
- ✓ Atribuir marcadores, ou seja, indicadores de parâmetros de qualidade para o tratamento térmico do suco de melão.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. MELÃO (*Cucumis melo* L.)

O melão (*Cucumis melo* L.) é uma fruta da família Cucurbitaceae, originária da África ou Ásia tropical que exibe enorme variação no tamanho, forma, cor, sabor, textura e composição bioquímica, apresentando de um modo geral, forma arredondada com cerca de 20 cm de comprimento e com até 2 kg, de acordo com o cultivar (CHITARRA & CHITARRA, 2006; FERGANY *et al.*, 2010).

As cucurbitáceas (Cucurbitaceae) são uma das mais importantes famílias de plantas utilizadas para produção de alimentos e fibras e sua maior diversidade botânica é encontrada na Índia, Irã, Afeganistão e China (BISOGNIN, 2002). A polpa do fruto é muito refrescante e sabor adocicado com um aroma agradável, a intensidade depende da variedade (MELO *et al.*, 2000).

Em termos nutricionais, o melão é fonte de fibras, betacaroteno (Provitamina A), vitaminas C e do complexo B, apresentando propriedades estimulantes, alcalinizantes, mineralizantes, oxidantes, diuréticas e laxativas (GOMES, 2007; SEAGRI, 2010a). Na Tabela 2, é apresentado o valor nutricional para o melão.

Tabela 2 – Valor Nutricional do melão tipo Galia

Componente	Unidade	Composição (%)
<i>Macro Componente</i>		
Água	g	89,82
Carboidratos por diferença	g	9,09
Fibra Dietética (total)	g	0,80
Proteínas	g	0,54
Lipídios (total)	g	0,14
Cinzas	g	0,41
Betacaroteno	µg	30,00
<i>Vitaminas</i>		
Vitamina C, ácido ascórbico	mg	18,00
Vitamina B9, folato	µg	19,00

Fonte: USDA Nutrient Database for Standard Reference, Release 22 (2009)

O meloeiro tipo Gália é uma planta herbácea, andromonóica e ocasionalmente monóica, possui um sistema radicular superficial e praticamente sem raízes adventícias, com baixa capacidade de regeneração quando danificado, com caule de crescimento rasteiro, provido de nós com gemas, que se desenvolvem em gavinhas, folhas, novos caules ou ramificações (LORENZI, 2006).

O melão tipo Gália é uma espécie comercialmente importante no mundo inteiro, sendo os frutos consumidos in natura, como ingrediente de saladas e na forma de suco (ROCHA *et al.*, 2009).

Há uma grande ascensão na produção e comercialização do melão em todo mundo, sendo o Brasil um dos países com grande aumento de áreas plantadas e investimentos, 5.19 e 64.26% de 2006 para 2008, respectivamente.

No País, o Nordeste se destaca como sendo uma das principais regiões produtoras de melão, apesar de alguns fatores climáticos, como baixa pluviosidade, desfavorecer o desenvolvimento da cultura (MENDONÇA *et al.*, 2004), foi solucionado pela agricultura irrigada (SEAGRI, 2010b).

O agronegócio do melão tornou-se fundamental para a região Nordeste. A Chapada do Apodi, localizada entre os rios Açu (RN) e Jaguaribe (CE), é responsável por cerca de 90% da produção nacional (AROUCHA *et al.*, 2007).

Entre os 10 agronegócios cearenses com maior potencialidade, nos quais o Ceará é reconhecido em termos competitivos, destacando-se no cenário regional e nacional; as frutas já são o 5º maior agronegócio cearense em exportação (SEAGRI, 2010b). O Ceará é o segundo Estado do País em exportação de frutas frescas e maior exportador de melões e melancias (BARCELOS, 2010).

Nos primeiros meses de exportação do melão brasileiro no ano de 2009, agosto e setembro, foram embarcadas 26 toneladas da fruta. Os principais países importadores da fruta brasileira foram Holanda, Reino Unido, Espanha e Alemanha (HORTIFRUTI BRASIL, 2009).

Devido às melhorias nas condições de cultivo e à abertura de comércio, pesquisas são desenvolvidas no sentido de agregar valor e promover um controle de qualidade eficaz durante o processamento aos produtos agroindustriais primários.

Dentre os produtos que apresentam valor agregado, temos a polpa de melão que se trata de um produto não fermentado e não diluído submetido a processamento tecnológico adequado, obtido da parte comestível da fruta melão e o suco de melão que é uma bebida não

concentrada e não diluída obtida do melão fresco, sã e maduro (BRASIL, 2000; FRUTAS E DERIVADOS, 2007).

Cavalcante *et al.* (2009) relata que no desenvolvimento de novos produtos a indústria de alimentos permite a constante renovação e sustentação da imagem inovadora e promissora que as empresas pretendem construir no mercado em que atuam sendo esta uma atividade fundamental para sua sobrevivência.

Nos últimos anos, no Brasil, a indústria de alimentos tem lançado diversos produtos para conquistar mercado, principalmente devido às alterações nas preferências dos consumidores, pois a qualidade de produtos tem se tornado um importante fator de decisão na maioria dos negócios (MONTGOMERY & RUNGER, 2003).

2.2. TRATAMENTO TÉRMICO

A partir do momento que as frutas são colhidas e os alimentos são elaborados, que neles se iniciam processos biológicos, físicos e químicos, ou seja, reações catabólicas e anabólicas que alteram suas qualidades organolépticas e de sanidades (DOSSAT, 2004; EVANGELISTA, 2008).

Desde a descoberta do fogo, o homem usa o calor para preparar e preservar os alimentos (SOUZA, 2007). Durante a transição do século XVIII ao XIX, quando Nicolás Appert, confeitoiro francês, observou que os alimentos aquecidos em recipientes fechados podiam se conservar durante longo tempo se o recipiente não fosse aberto, admite-se a invenção desse tipo de processamento que ficou conhecido como apertização (ORDONEZ, 2005).

O processamento térmico envolve o aquecimento de alimentos em um recipiente hermético ou submissão direta através de um trocador de calor, seguido de embalagem (BRENNAN, 2006). Pode ser definido com um processo de preservação de alimentos fundamentado na aplicação do calor, temperaturas superiores a 21°C, cujo sucesso depende de diversos fatores, como a difusividade térmica do alimento, as características da embalagem, as taxas de transferência de calor, tempo, temperatura e às diferentes características dos produtos a serem tratados (GUMERATO *et al.*, 2007; EVANGELISTA, 2008).

Brennan (2006) relata que em todos os processos térmicos, o objetivo deve ser aquecer e resfriar o produto o mais rápido possível por apresentar implicações econômicas favoráveis e também por conduzir uma melhoria na qualidade final do produto.

Os tratamentos térmicos utilizados no processamento de alimentos correspondem a três modalidades: esterilização, termização e pasteurização (ORDONEZ, 2005). O caráter perecível dos alimentos não possibilita que, na prática, para determinada matéria-prima possam se utilizar tratamentos térmicos muito rigorosos que venham a depreciar o produto final, como a esterilização.

A pasteurização é um tratamento térmico relativamente suave, desenvolvido pelo francês Louis Pasteur em 1864, por utilizar temperaturas inferiores a 100 °C (FELLOWS, 2000; SILVA, 2000). A classificação da pasteurização em relação ao binômio tempo (t) versus temperatura (T) está disposta na Tabela 3.

Tabela 3 – Binômio tempo-temperatura para a pasteurização, como tratamento térmico

Tratamento térmico	Sigla	T X t
Pasteurização baixa	LTLT*	62 a 68°C por 30 min
Pasteurização alta	HTST**	72 a 85°C por 15 s
<i>Ultra Hight Temperature</i>	UHT***	88°C por 1 s or 94°C por 0.1 s

* *Low Temperature Long Time* – baixa temperatura e longo tempo ** *High Temperature Short Time* – alta temperatura e tempo rápido *** *Ultra Hight Temperature* – aquecimento super rápido. Fonte: (FELLOWS, 2000; SILVA, 2000; ORDONEZ, 2005; EVANGELISTA, 2008).

A pasteurização de suco de frutas é um processo térmico que visa à destruição dos microrganismos patogênicos não-esporulados e à inativação de enzimas sem mudar de forma significativa o valor nutritivo e as características sensoriais do alimento de modo a oferecer ao consumidor um produto seguro e com vida útil aceitável (SILVA, 2000; ORDONEZ, 2005). Oetterer *et al.* (2006) relatam que a pasteurização deve ser utilizada quando tratamentos mais rigorosos poderiam afetar as propriedades sensoriais e nutritivas do produto.

O calor pode influir de modo positivo e negativo sobre os nutrientes. Pode haver alterações desejáveis, como no café torrado, no chocolate, no leite condensado, nos produtos de panificação, e indesejáveis, pois proteínas são degradadas tornando os aminoácidos básicos reativos devido às reações de Maillard (FELLOWS, 2000; SILVA, 2000; COULTATE, 2004; ORDONEZ, 2005; OETTERER *et al.*, 2006; RIBEIRO & SERAVALLI, 2007;).

O processo de pasteurização não inativa todos os microorganismos presentes, portanto algumas condições de controle adicionais devem se fazer necessárias, tais como estocagem

sob refrigeração, redução da acidez, redução da atividade de água, ou qualquer método de conservação e preservação, dependendo do produto final desejado (POTTER e HOTCHKISS, 1995).

A desnaturação, ou inativação, de enzimas presentes no suco compreende-se como um efeito importante da pasteurização. Em poucas palavras, pode-se dizer que as enzimas, se não forem removidas ou inativadas, podem provocar reações químicas que alteram a cor e o sabor da bebida (ASHURST, 2005; UCHIMURA, 2006). As enzimas são as principais responsáveis pela desintegração e decomposição das substâncias orgânicas (DOSSAT, 2004). Em sucos de frutas a maior responsável pela deterioração da cor é o escurecimento enzimático ocasionado pela enzima polifenoloxidase (FELLOWS, 2006).

As reações que provocam o escurecimento dos alimentos devido à formação de compostos escuros (melanoidinas) podem ser oxidativas, também conhecida como enzimático que é uma reação entre o oxigênio e um substrato fenólico catalisado pela enzima polifenoloxidase e não envolve carboidratos e o outro tipo de reação é a não oxidativa (não enzimática) caracterizada por envolver o fenômeno de caramelização e/ou a interação de proteínas ou aminas com carboidratos, conhecida como reação de Maillard (COULTATE, 2004; RIBEIRO & SERAVALLI, 2007).

Há tempos que as interações entre componentes aminados e carbonilados vêm exercendo uma influência sobre a existência humana seja pela formação de humos à superfície da terra, assim como pelas modificações de sabores associados com o processamento e com o cozimento dos alimentos (NUNES & BAPTISTA, 2001). A reação de Maillard (Figura 1) pode ser dividida em fases que conduzem à formação de um número limitado de derivados: Primeiras etapas de reação – bases de Schiff, aldose-aminas e compostos de Amadori (CA); Etapas finais – degradação dos CA resultando em melanoidinas (NUNES & BAPTISTA, 2001).

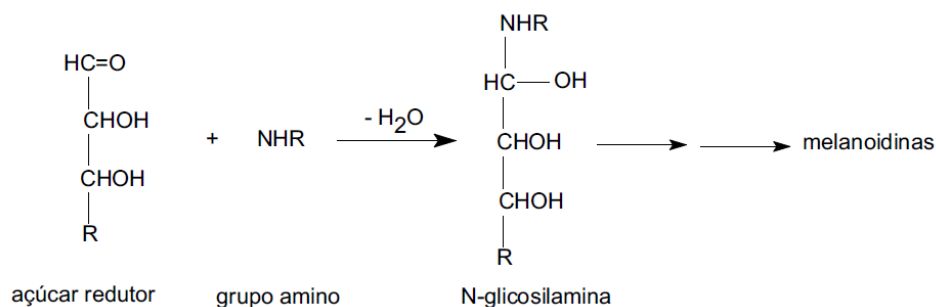


Figura 1 - Reação de Maillard (AZEREDO, 2004)

Yaylayan (2006) relata que as principais fontes de formação de compostos furânicos são provenientes da degradação térmica de açúcares redutores e em certos aminoácidos, isoladamente ou resultantes da reação de Maillard, e da oxidação térmica de ácido ascórbico, ácidos poliinsaturados e carotenóides. Na Figura 2, encontra-se disposto um esquema geral de formação de furanos.

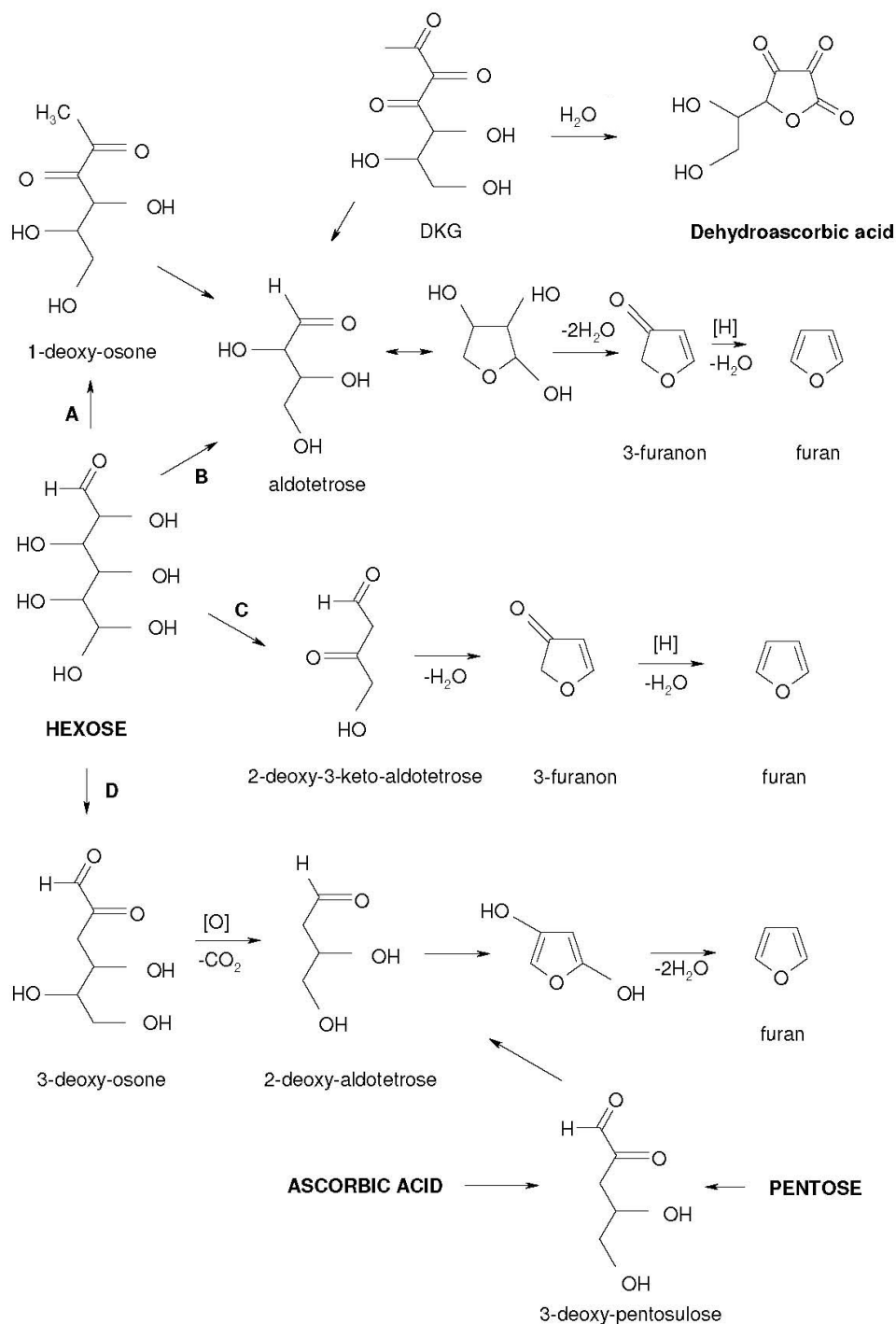


Figura 2 - Esquema geral de formação de furanos (VRANOVÁ & CIESAROVÁ, 2009)

Segundo Jaeger *et al.* (2010) o 5-hidroximetilfurfural (HMF) pode ser usado como um indicador de frescor e de qualidade de sucos por apresentar uma concentração ínfima ou ausência nos sucos frescos e não tratados, mas uma concentração elevada após tratamento térmico ou a longo período de armazenamento.

Um estudo realizado por Damasceno (2007) mostra o efeito do tratamento térmico no processamento da cajuína, verificando que um tratamento à 100° C promove uma menor degradação de ácido ascórbico e menor concentração de 5-HMF.

No processamento térmico do suco de laranja, o aquecimento aumenta a produção de uma série de alcoóis como o R-terpineol, dando origem a compostos furânicos (CACHO & ROUSEFF, 2008).

Souza Filho *et al.* (1999) realizaram um estudo com pedúnculos de caju submetidos a tratamento térmico, banho-maria a 100° C por 1 minuto, para avaliar a estabilidade da vitamina C (ácido ascórbico) constatando que ocorre uma perda de 33,7% do conteúdo desta vitamina. Já para o suco de caju, Sancho *et al.* (2007) verificaram perda de 8,09% de ácido ascórbico no final da etapa de pasteurização, 90° C por 60 segundos.

Pinheiro *et al.* (2009), constataram que os resultados físico-químicos dos processos *hot fill* e asséptico para o suco de uva submetido a tratamento térmico, 100° C por 15 minutos, comportaram-se de maneira diferente durante o armazenamento, mais ambos mantiveram estabilidade e qualidade satisfatória.

Temperaturas entre 50 e 100 °C provocam vibrações que rompem as ligações hidrogênio, interações de Van der Waals, ligações polares das proteínas lançando grupamentos uns contra os outros de forma aleatória podendo causar alteração conformacional e estrutural (RIBEIRO & SERAVALLI, 2007).

2.3. DELINEAMENTO ESTATÍSTICO

A estatística é uma ciência que se preocupa com o planejamento de uma pesquisa, envolvendo desde a maneira de coleta das observações, obtidas em experimentos ou levantamentos, até a forma como é realizada a organização, a descrição e o resumo dos dados, assim como a avaliação e afirmação sobre características de interesse do pesquisador (HINES, 2006; ANDRADE & OGLIARI, 2007).

Calegare (2001) define o experimento como um teste ou uma série de testes nos quais são feitas mudanças propositalmente nas variáveis da entrada de um processo ou sistema de forma que possam ser observadas e identificadas as razões para mudanças na resposta de saída. Os

três princípios básicos de um planejamento de experimentos são replicação, aleatoriedade e blocagem (MONTGOMERY, 2001).

O delineamento de experimentos em esquemas fatoriais envolve combinações entre os níveis de dois ou mais fatores (RODRIGUES & IEMMA, 2005).

Freqüentemente, grupos de pesquisa envolvidos na otimização de processos industriais precisam estudar a influência de diferentes variáveis sobre o processo, no entanto, deparam-se com restrições de tempo e custos envolvidos nos experimentos (FREGOLENTE, 2009).

Neste contexto, a utilização da técnica de planejamento experimental torna-se fundamental por fornecer subsídios para uma análise multivariável, podendo reduzir significativamente o número de experimentos necessários permitindo a execução de testes de forma planejada e organizada com embasamento estatístico (FREGOLENTE, 2009).

Segundo Rodrigues e Iemma (2009) a escolha da melhor estratégia do planejamento experimental depende principalmente da quantidade de variáveis independentes que desejamos estudar e do conhecimento prévio que temos sobre o processo. Quando se deseja apenas analisar o efeito que cada variável possui sobre uma resposta (ou um conjunto de respostas), planejamentos em 2 níveis do tipo 2^k podem ser uma alternativa (MONTGOMERY, 2001).

Conforme Mateus *et al.* (2001) o delineamento composto central rotacional (DCCR) é um delineamento simétrico e de segunda ordem, constituído de duas partes: o fatorial 2^k , com um ou mais pontos centrais, e a parte axial. Sendo considerado um delineamento ótimo. A Figura 3 é a representação gráfica para um DCCR para $k = 2$ fatores (RODRIGUES & IEMMA, 2005).

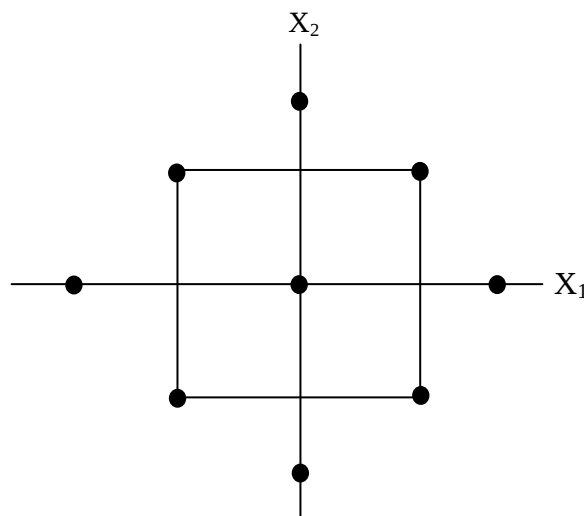


Figura 3 – Representação esquemática do DCCR 2^2

A partir de delineamentos de tratamentos mais complexos, que utilizam todas as combinações dos fatores em estudo, várias tentativas têm sido feitas para redução do número de pontos experimentais, através de técnicas como a de confundimento e de repetição fracionada (MATEUS *et al.*, 2001).

Na Tabela 4, encontra-se disposto trabalhos com a aplicação do DCCR para produtos de origem vegetal.

Tabela 4 – Aplicação do Delineamento Composto Central Rotacional no Estudo de Produtos de Origem Vegetal (POV)

Produto	Variáveis independentes	Metodologia	Referência
Cenoura	t, T e [Sol. Osmótica]	Desidratação Osmótica	Singh <i>et al.</i> (2010)
Suco de Maracujá	[Polpa e Sacarose]	Análise Sensorial	Marchi <i>et al.</i> (2009)
Mamão e Abacaxi	t, T, [EtOH] e Extrações	Extração de Ác. Orgânicos	Hernández <i>et al.</i> (2009)
Mel	[MeOH], pH e v	Extração de Flavonóides	Hadjmohammadi <i>et al.</i> (2009)
Suco de Cenoura	t, T e pH	Extração do Suco	Sharma <i>et al.</i> (2009)
Semente de Melancia	t, T, [NaOH] e v/m	Extração de Proteína	Wani <i>et al.</i> (2008)

* t - tempo; T - temperatura; [] - concentração; EtOH - etanol; MeOH - metanol; v - volume do solvente; m - massa.

Não foi encontrado na literatura pesquisas sobre a avaliação do tratamento térmico de sucos de frutas utilizando tempo e temperatura, $k = 2$, como variáveis independentes.

2.4. METABOLÔMICA

As plataformas tecnológicas “ômicas” são aquelas que têm o objetivo de separar e caracterizar o maior número possível de biomoléculas de um mesmo grupo, como ácidos desoxirribonucléicos (DNA), ácidos ribonucléicos (RNA), proteínas ou metabólitos (ROCHA *et al.* 2006).

A genômica, termo oriundo da palavra Genoma, foi a primeira ômica a ser denominada como tal que objetiva isolar e caracterizar o DNA (ROCHA *et al.* 2006). Binneck (2004) relata que entre as ômicas mais conhecidas temos a transcriptômica, a proteômica e a metabolômica, plataformas que visam análise de RNA, proteínas e metabólitos, respectivamente (Figura 4).

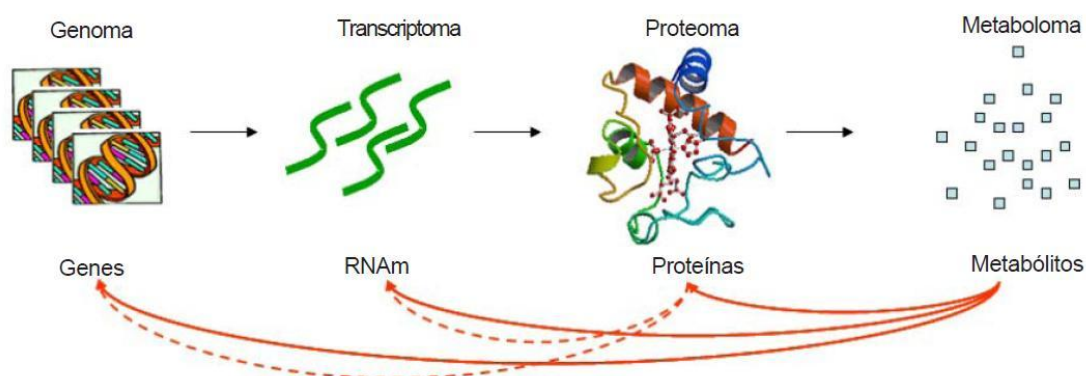


Figura 4 – Metabolismo celular em nível molecular (VILLAS BOAS, 2006)

Segundo Hall (2006) existe um universo de moléculas que interagem com as proteínas e outras macromoléculas atuando como substratos, ativadores alostéricos ou inibidores de uma enzima. Essas importantes moléculas são conhecidas como metabólitos (DIXON, 2001).

Rocha *et al.* (2006) descreve que esses metabólitos são distribuídos em dois grandes grupos: metabólitos primários e secundários. Os primários estão diretamente envolvidos nas transformações químicas de síntese e degradação das macromoléculas realizadas pelo metabolismo primário, e os metabólitos secundários são específicos e participam das interações intra e intercelular do próprio organismo pelo metabolismo secundário (DIXON, 2001; BRAZ FILHO, 2010).

A determinação de perfis metabólicos de alimentos de origem vegetal em função de condições de processamento permite estudar os mecanismos de regulação do metabolismo (WECKWERTH, 2007). A metabolômica, também conhecida como metabonômica já figura entre as grandes plataformas tecnológicas por estudar o perfil dos principais metabólitos, primários e secundários, sendo definida como a análise qualitativa e quantitativa de todos os metabólitos num organismo (BINNECK, 2004; BRAZ FILHO, 2010).

Em 2001, o termo metabolômica foi introduzido, por Oliver Fiehn, como o estudo de pequenas moléculas envolvidas nos processos bioquímicos por fornecerem uma grande quantidade de informações sobre o comportamento funcional de um sistema vivo vegetal (LINDON *et al.*, 2007). Apresentando como objetivo isolar e caracterizar metabólitos de uma determinada amostra biológica em condições naturais ou adversas, estresse (ROCHFORD, 2005; WECKWERTH, 2007).

Em semelhança com as restantes ciências “ômicas”, a metabolômica necessita de um auxílio da bioinformática para sistematização e avaliação dos dados, pois se baseia numa

grande quantidade de informações do indivíduo analisado. (LINDON *et al.*, 2007; WECKWERTH, 2007).

Existem diferentes técnicas de metabolômica como Ressonância Magnética Nuclear (RMN), Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (CG-EM), Cromatografia Líquida acoplada à Espectrometria de Massas (CL-EM), Eletroforese Capilar acoplada à Espectrometria de Massas (EC-EM), dentre outros, e diversas abordagens analíticas podem ser usadas de acordo com suas vantagens e desvantagens (WISHART, 2008). Na Tabela 5, encontra-se uma comparação entre três técnicas de metabolômica.

Tabela 5 – Comparação entre Diferentes Técnicas de Metabolômica

Técnica	Vantagens	Desvantagens
RMN	Quantitativa Não requer derivatização Não requer separação Detecta todas as classes orgânicas Rápida (2-3 min por amostra)	Baixa sensibilidade Instrumentação de custo elevado Não detecta sais e íons inorgânicos Não detecta compostos não protonados Requer alíquotas acima de 0,5 ml
CG-EM	Instrumentação relativamente barata Quantitativa Boa sensibilidade Excelente reprodutibilidade e separação Detecta moléculas orgânicas e inorgânicas	Requer derivatização Requer separação Não pode ser usado em imagens Amostras não reaproveitáveis Lenta (20-30 min / amostra)
CL-EM	Excelente sensibilidade Detecta moléculas orgânicas e inorgânicas Pode ser feito sem separação Exigência mínima no tamanho da amostra Grande potencial na detecção	Amostras não reaproveitáveis Lenta (20-30 min / amostra) Instrumentação de custo elevado Baixa reprodutibilidade Base de dados limitada para identificação de metabólitos

Fonte: (WISHART, 2008)

Cromatografia é uma técnica de separação especialmente adequada para ilustrar os conceitos de interações intermoleculares, polaridade e propriedades de funções orgânicas (RIBEIRO & NUNES, 2008).

Os métodos cromatográficos são utilizados para separar misturas contendo duas ou mais substâncias ou íons, e se baseiam na distribuição diferencial dessas substâncias entre duas fases: uma das quais é estacionária e a outra, móvel (FONSECA & GONÇALVES, 2004).

A cromatografia gasosa se compreende com uma técnica que consiste na separação, identificação e quantificação de gases ou substâncias volatilizáveis, combinando-se princípios de partição e adsorção (COLLINS *et al.*, 2006; ARAÚJO, 2008).

O primeiro registro de sua utilização ocorreu na década de 40, mas seu desenvolvimento só foi acelerado depois da introdução da cromatografia gás-líquido, em 1952, por James e Martin (BRAITHWAITE & SMITH, 1996).

Fundamenta-se na injeção de amostra carregada por um gás (fase móvel) que atravessa uma coluna que contém a fase estacionária (JENNINGS *et al.*, 1997).

A cromatografia é um poderoso método de separação de compostos, mas não de identificação, pois apenas fornece dados auxiliares na identificação de compostos. Com isso ocorre a necessidade de utilizar mais uma técnica analítica como a espectrometria de massa (SOARES, 2001). A cromatografia gasosa acoplada com a espectrometria de massa nada mais é do que um sinergismo, ou seja, uma combinação de duas poderosas ferramentas analíticas. (KITSON *et al.*, 1996).

A cromatografia gasosa separa os componentes da mistura em um determinado tempo e a espectrometria de massa é responsável pela identificação estrutural dos componentes (KITSON *et al.*, 1996; HERBERT & JONHSTONE, 2003).

Segundo Soares (2001) o espectrômetro de massas ioniza as moléculas e separa íons de acordo com a razão m/z (massa/carga) e nos fornece um histograma das abundâncias relativas de íons individuais com diferentes razões massa/carga geradas por um composto em condições especificadas. Quando os íons base de determinados compostos, no modo de impacto de elétrons, são relativamente baixos ou iguais é necessário um agente derivatizante para além de tornar os metabólitos voláteis, passíveis de CG-EM (KOPKA *et al.*, 2004).

Derivatização, também conhecido por derivação, compreende-se como a transformação de um composto químico (analito) através da substituição dos hidrogênios livres ativos de grupamentos como carboxila, hidroxila, tiol, amino e imino, por outros que impeçam as ligações do tipo hidrogênio intra e intermoleculares. Apresenta como finalidade diminuir a polaridade dos compostos, aumentar a estabilidade térmica e a volatilidade do analito evitando perda do mesmo por adsorção a coluna ou por decomposição térmica (LANÇAS, 1993).

O aumento do peso molecular resultante da reação de derivação pode ser benéfico porque produz íons de massa maior, mais específicos para o analito favorecendo em uma

melhor identificação de íons de compostos químicos de baixo peso molecular, inespecíficos e comuns a diversas classes.

Shareef *et al.* (2006) descreve que a eficiência do procedimento de derivatização pode depender de inúmeros fatores, incluindo condições de reação como o binômio temperatura e tempo, natureza dos reagentes e dos solventes.

A análise de componentes de alimentos envolve a identificação e classificação dos componentes em grandes categorias tais como proteínas, gorduras, carboidratos, fibras, vitaminas e cinzas (WISHART, 2008). No entanto, com o advento da metabolômica, produtos alimentícios estão sendo analisados com muito mais detalhes químicos em termos de composição, ou seja, centenas até milhares de metabólitos estão sendo detectados e identificados em determinados alimentos (Moco *et al.*, 2007; WISHART, 2008).

Segundo Moco *et al.* (2007) a metabolômica pode fornecer valiosas ferramentas relevantes em um grande espaço de aplicações (Tabela 6), incluindo uma visão nos fenômenos através da abordagem de sistemas de biologia celular.

Tabela 6 – Metabolômica: aplicações

Os campos de aplicações da metabolômica
Melhoramento genético de plantas
Segurança Alimentar
Avaliação Nutricional
Diagnóstico de estado clínico
Desenvolvimento de drogas farmacêuticas
Descoberta de biomarcadores de processos
Avanços tecnológicos em química analítica
Biologia de sistema integrados
Fonte: Moco <i>et al.</i> (2007)

Os metabólitos secundários presentes nos alimentos como os açúcares solúveis presentes nos frutos na forma livre ou combinada são responsáveis pela doçura, pelo *flavor* (sabor e aroma), através do balanço com os ácidos, pela cor atrativa, como derivados das antocianinas e pela textura, quando combinados adequadamente com polissacarídeos estruturais e aumenta, na seqüência: glicose, sacarose e frutose (CHITARRA e CHITARRA,

2005). Segundo Cecchi (2001), os ácidos orgânicos presentes em alimentos influenciam o sabor, odor, cor, estabilidade e a manutenção de qualidade.

Aplicações industriais e segurança alimentar

A metabolômica tem permitido o monitoramento de atributos de qualidade durante o processamento de cerveja na detecção de compostos como diacetil e 2,3-pentadiona para determinar o ponto final da fermentação (VAUTZ *et al.*, 2006). Um estudo realizado por Almeida *et al.* (2006) revela que diferentes locais de produção de uma determinada cerveja poderia ser facilmente distinguidos com base no conteúdo de ácido láctico, ácido pirúvico, dextranas, adenosina, inosina, uridina, tirosina e 2-feniletanol.

A adulteração em sucos de frutas é relativamente comum devido à mistura com outros frutos de baixo custo. Griennavar *et al.* (2006) relatam que flavonóides e a isoenzima inibidora CYP450 provenientes do fruto Toranja podem indicar fraude no processamento de suco de laranja e riscos à saúde. Em se tratando de processamento, Le Gall *et al.* (2001) atribui ao aminoácido prolina como sendo composto biomarcador para a diferenciação de sucos concentrados de laranja.

Donarski *et al.* (2008) relata que a trigonelina, precursor de piridinas voláteis e da vitamina niacina (MONTEIRO & TRUGO, 2005) pode ser utilizada como indicativo de mobilidade geográfica de origem do mel. Já para o origem do azeite Cavaliere *et al.*, (2007) têm sido determinada por metabolômica utilizando cinco marcadores: isobutanoato etílico, hexanal, 2-hexenal, 2-hexen-1-ol, hexanol e acetato-3hexen-il.

Modelos de previsão têm sido desenvolvidos para estimar atributos sensoriais de chá verde (IKEDA *et al.*, 2007; PONGSUWAN *et al.*, 2008; TARACHIWIN *et al.*, 2007), de melancia (TARACHIWIN *et al.*, 2008) e de cogumelos (CHO *et al.*, 2007).

Centeno e Neves (2009) descrevem que o sabor característico de frutos de tomate é resultante do aumento de frutose e decréscimo significativo de alguns ácidos orgânicos, como ácido málico e ácido ascórbico.

Samuelsson e Larsson (2008) recomendaram a utilização de metabolômica como ferramenta para fornecer provas de contaminação da água, o estresse ocasionado pela temperatura e as condições de saúde de peixes no momento da captura utilizando os tradicionais biomarcadores fosfocreatina, ATP, ADP, AMP, GABA e glicogênio.

Catchpole *et al.* (2005) utilizou metabolômica para diferenciar a composição de batatas geneticamente modificadas (OGM), conferindo como possíveis indicadores a kestose, raffinose e inu lobiose.

Conforme Trevisan e Poppi (2006) a principal tendência para a implementação de sensores analíticos em processos continua sendo a miniaturização, o que permite a redução de reagente e resíduos, além de menor custo de implementação e manutenção, contribuindo para a sustentabilidade.

3. MATERIAL & MÉTODOS

3.1. MATERIAL

Foi utilizado o melão, *Cucumis melo* L., do tipo Galia (Figura 5) como matéria-prima agroindustrial fornecidos por agricultores do município de Mossoró, RN. O processamento do suco de melão foi realizado no Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita da Embrapa Agroindústria Tropical, em Fortaleza, CE. As amostras foram preparadas no Laboratório de Físico-Química e analisadas no Laboratório de Análise Instrumental, da Embrapa Agroindústria Tropical.



Figura 5 – Melão (*Cucumis melo* L.) Galia

Fonte: http://www.stepac.com/catalog_po.asp?prod=176

3.2. METODOLOGIA

Na Figura 6, observar-se as principais etapas do trabalho realizado com suco de melão.

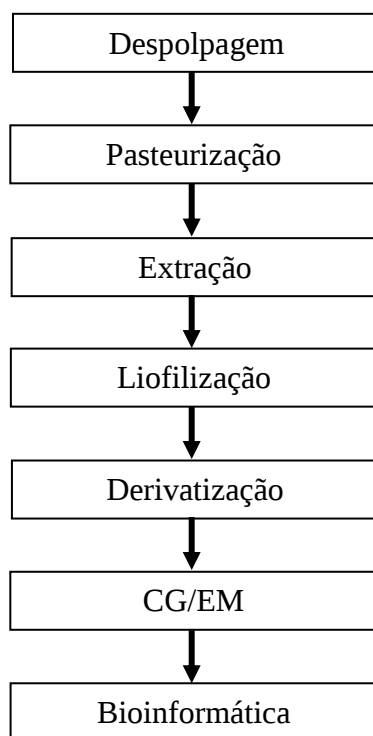


Figura 6 – Fluxograma geral de processamento e análise de suco de melão

3.2.1. Despolpagem - Obtenção do suco

Os frutos foram lavados com água e sabão neutro para que se retirassem todas as sujidades. Logo após, os frutos foram imersos em uma solução contendo hipoclorito a 50mg/L por dez minutos e enxaguados com água corrente (BASTOS & ALVES, 2004; FREITAS *et al.*, 2005), seguido de retirada manual da polpa e obtenção do suco de melão utilizando uma centrífuga (multiprocessador de alimentos), marca Walita.

3.2.2. Tratamento térmico – Pasteurização

O tratamento térmico do suco de melão foi realizado utilizando um Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR), ou seja, um 2^2 incluindo 4 tratamentos nas condições axiais e 3 repetições no ponto central, totalizando 11 tratamentos (RODRIGUES & IEMMA, 2005), este apresentado na Tabela 7.

Tabela 7 – Matriz do Delineamento Composto Central Rotacional 2^2

Tratamento	Temperatura	Tempo	Temperatura (°C)	Tempo (min)
	Codificadas		Decodificadas	
1	-1	-1	70	4,65
2	-1	1	70	26,35
3	+1	-1	90	4,65
4	+1	+1	90	26,35
5	-1,41	0	66	15,50
6	+1,41	0	94	15,50
7	0	-1,41	80	0,16
8	0	+1,41	80	30,84
9 ©	0	0	80	15,50
10 ©	0	0	80	15,50
11 ©	0	0	80	15,50

© - ponto central

O planejamento experimental foi construído com base na pasteurização, como tratamento térmico, com intuito de se utilizar os extremos tanto de tempo quanto de temperatura para se obter um melhor perfil de metabólitos do suco de melão submetido a esse tratamento. Outros fatores relevantes na escolha do binômio tempo-temperatura foi o escurecimento, seja enzimático ou não-enzimático, favorecido em temperaturas acima de 100

°C durante os processos tecnológicos ou no armazenamento (ORDONEZ, 2004), e para o controle biológico baseado no *Clostridium perfringens* que apresenta limite de crescimento em torno de 53 °C (FORSYTHE, 2005).

O sistema para realização do tratamento térmico foi constituído de banho termostático, termopar, tubo de ensaio e mangueira de borracha. Conforme mostrado na Figura 7.

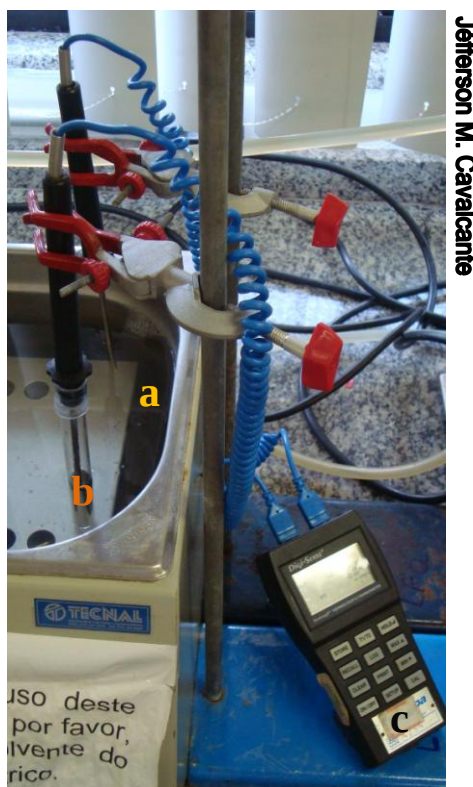


Figura 7 – Sistema utilizado no tratamento térmico. a) banho termostático; b) amostra; c) termopar

No processo de pasteurização, adicionou-se 6 mL de suco de melão em tubo de ensaio. Este foi conectado a uma haste do termopar e colocado no banho termostático, até atingir a temperatura do tratamento descrita no planejamento experimental. O resfriamento foi realizado em um béquer contendo água e gelo por alguns minutos até atingir a temperatura de 10 °C. Em seguida, o suco tratado termicamente foi homogeneizado em um agitador de tubos, marca Tecnal, por 15 s e retirada uma alíquota de 1,0 g de amostra para a realização da preparação das amostras.

Os tratamentos do DCCR foram realizados de forma randômica.

3.2.3. Preparação da amostra

Na preparação das amostras, os analitos foram extraídos com metanol, clorofórmio e água (3:2:4; V/V/V). Foram colocados aproximadamente 1.0 g do suco tratado termicamente em tubos do tipo Falcon, e adicionados 3.0 mL de metanol UV-HPLC (marca Vetec) levados para uma incubadora Tecnal TE-420 com rotação de 150 rpm e temperatura de 30°C. Após 15 min, retiraram-se os tubos e foram adicionados 2.0 mL de clorofórmio P.A. (fabricante Synth) incubados por 5 min, rotação de 150 rpm e temperatura de 37°C. Logo após, foram retirados os tubos e acrescentados 4,0 mL de água deionizada, incubados novamente por 5min, rotação de 150 rpm e temperatura de 30°C. Em seguida, realizou-se centrifugação a 10000 rpm por 10 min em uma centrífuga Excelseia modelo 206MP para facilitar a separação das fases polar e apolar. O fluxograma de obtenção dos analitos está apresentado na Figura 8.

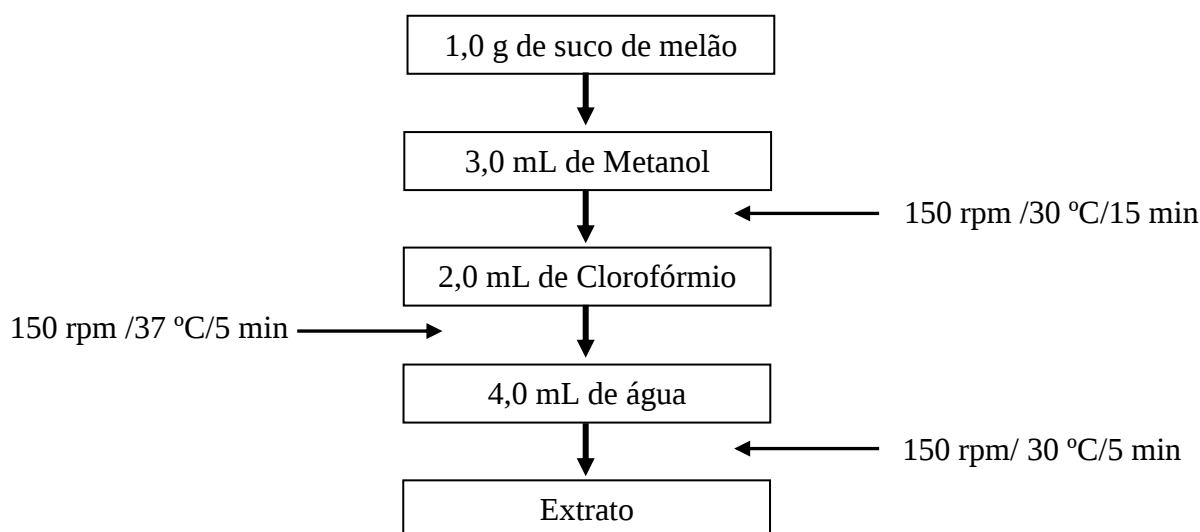


Figura 8 – Desenho esquemático de obtenção do extrato do suco de melão

Após a extração dos analitos, uma alíquota de 0,5 mL do sobrenadante em um microtubo MCT-200-C da Axygen, fase polar (metanol/água), foi submetida a um secagem a vácuo utilizando um liofilizador marca Terroni para que ocorresse a secagem por 14 h com a finalidade de evitar interferência da água na ação do agente derivatizante.

O extrato polar seco foi submetido à reação de derivatização. Conforme metodologia descrita por Birkemeyer *et al.* (2003), utilizando-se o N-(tert-butildimetilsilil)-N-metiltrifluoroacetamida (MTBSTFA) como agente de derivatização (WAGNER *et al.*, 2003). Ao microtubo, adicionou-se 40 µL de metoxi-amina-hidroclorida, marca Aldrich chemistry, (20 mg/mL em piridina P.A. Reagen) e manteve-se sob agitação de 150 rpm a 30 °C por 1,5

h. Em seguida, adicionou-se 70 µL do agente derivatizante MTBSTFA e submetendo agitação de 150 rpm a 37°C por 1.5 h. As amostras foram preparadas separadamente e sincronizadas de acordo com o tempo de injeção da amostra no cromatógrafo, ou seja, amostra preparada já seguia para análise.

Foi preparada uma amostra para cada tratamento descrito no delineamento DCCR 2², uma amostra controle, não submetida a tratamento térmico, e o branco (contendo apenas os reagentes) totalizando 13 amostras.

3.2.4. Análise Cromatográfica

Os metabólitos foram analisados por cromatografia gasosa no Laboratório de Análises de Alimentos da Embrapa Agroindústria Tropical, em cromatógrafo à gás acoplado a espectrômetro de massas (CG-EM) SHIMADZU modelo QP-2010.

Após o procedimento de derivatização, foi retirada uma alíquota de 1,0 µL da amostra e injetada no cromatógrafo.

Foi utilizada uma coluna capilar DB-5MS, com 30 m comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e espessura do filme da fase ligada de 0,25 µm. O injetor empregado foi do tipo *split/splitless*, no modo *split* cuja temperatura foi de 260°C. A temperatura do detector de ionização de chama (DIC) foi de 260 °C e o fluxo do gás de arraste, hélio, de 35.9 cm/s. A programação da coluna teve início com temperatura de 70 °C, sendo elevada até 250 °C a 5 °C/min em seguida até 300 °C a 15 °C/min, permanecendo nessa temperatura por 5 minutos. Na Tabela 8, encontram-se informações adicionais sobre as condições de operação da análise cromatográfica.

Tabela 8 – Condições de operação do Cromatógrafo QP2010 Shimadzu

Pressão	57,9 kPa
Modo de Injeção	<i>Split Ratio</i> (1:150)
T Interface	260.0°C
Corte solvente	12.50 min
<i>Scan Speed</i>	1250
Início <i>m/z</i>	40.0
Fim <i>m/z</i>	600.0

3.2.5. Bioinformática

Foi realizado um alinhamento dos dados adquiridos, área integrada, em relação ao tempo de retenção dos picos obtidos no espectro de massas utilizando o software *Excel* 2007. Em seguida, utilizou-se o logaritmo decimal da área integrada para favorecer melhor entendimento, visualização e avaliação dos resultados. A avaliação estatística foi realizada com auxílio do software *Statsoft Statistica* 7. Na Figura 9, encontra-se disposto um desenho esquemático geral de análise da amostra ao processamento de dados.

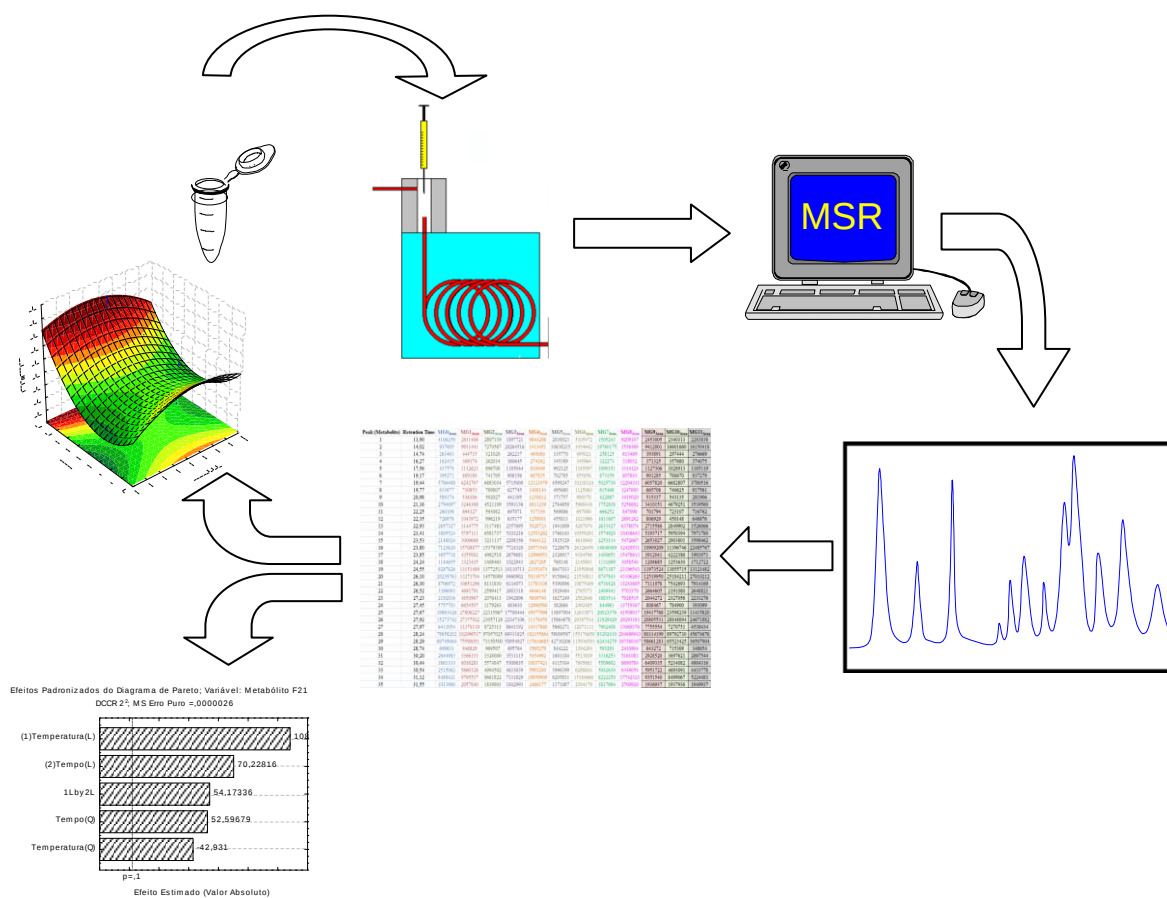


Figura 9 – Desenho esquemático de análise experimental e processamentos dos dados

4. RESULTADOS & DISCUSSÃO

Após análise, os cromatogramas foram integrados e os picos presentes nas diferentes amostras foram alinhados de acordo com o tempo de retenção. Em seguida, as áreas de cada pico foram convertidas em log para facilitar o manuseio e a visualização dos dados. Os dados estão apresentados no APÊNDICE A. Permaneceram 101 picos, sendo que 44 (43.56%) estavam presentes em todos os tratamentos, 57 (56.44%) foram degradados, formados ou mantiveram-se sem alterações em alguns ensaios (Figura 10).

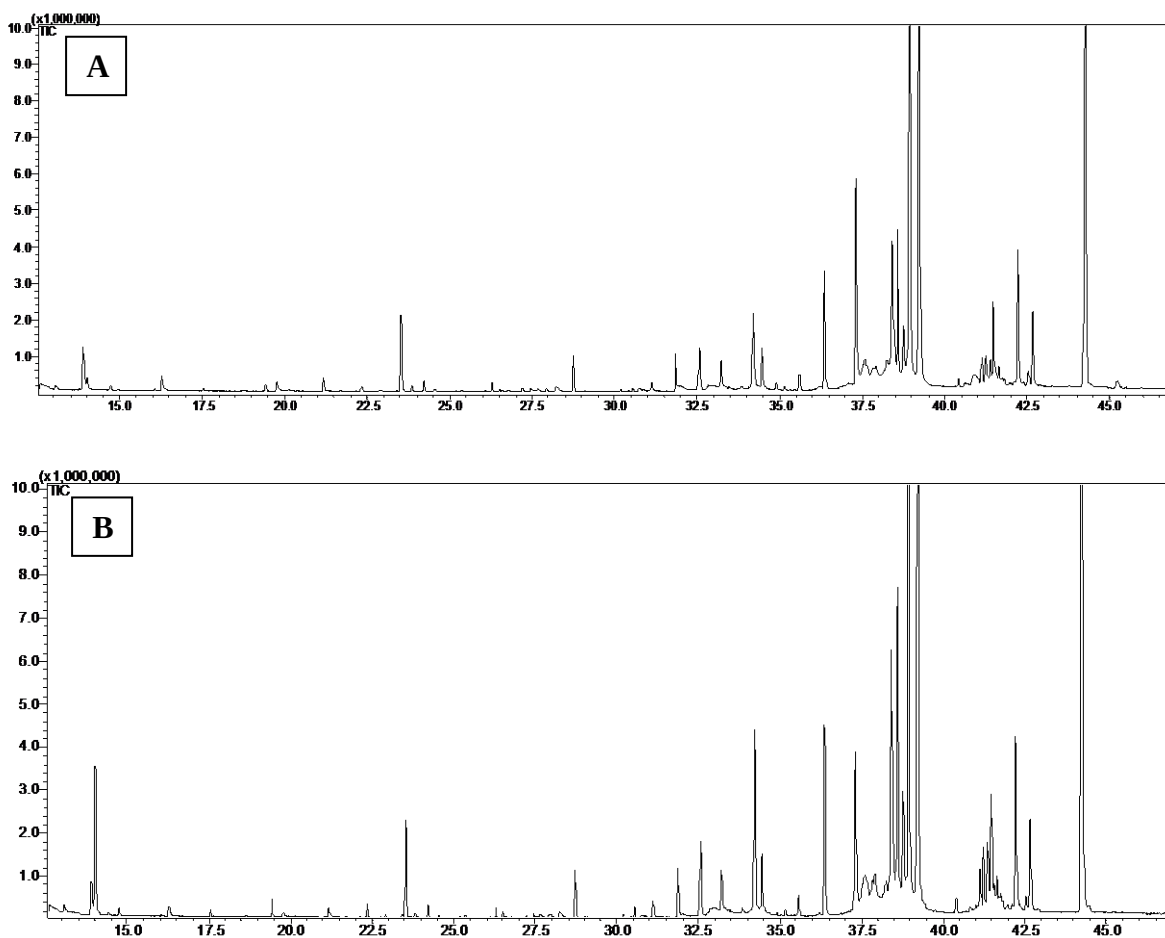


Figura 10 – Cromatograma do perfil de metabólitos de suco de melão não submetido a tratamento térmico (A) e submetido ao tratamento 1 do DCCR 2² (B)

Na Figura 10 são apresentados cromatogramas representativos do planejamento experimental utilizado na pesquisa com suco de melão. Visualmente não são observadas grandes variações, mas uma análise minuciosa permite a verificação de mudanças nos perfis

cromatográficos (Figura 11). Na ampliação podemos observar alterações nas proporções relativas de picos decorrentes do tratamento térmico.

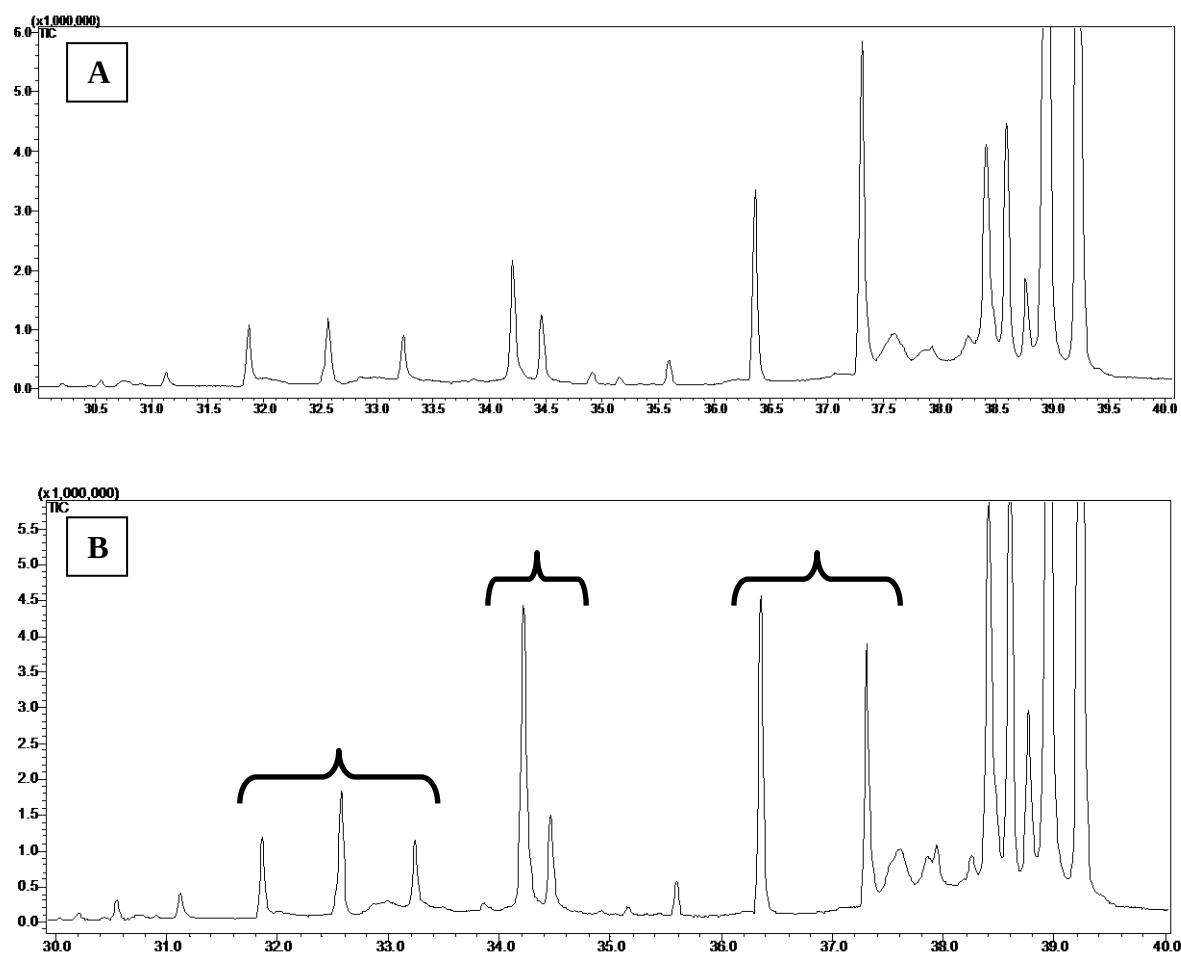


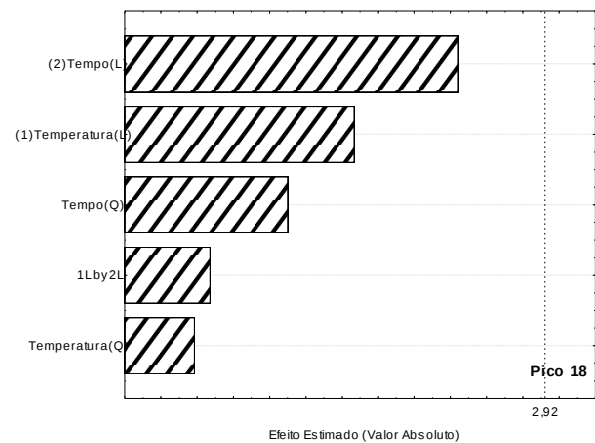
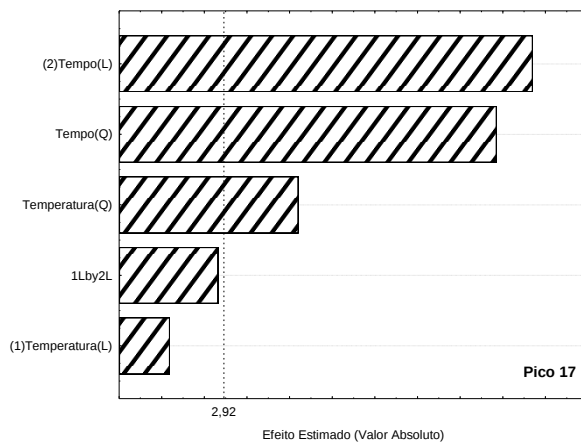
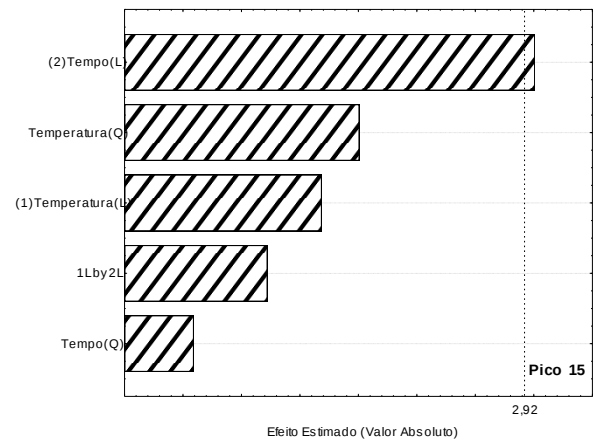
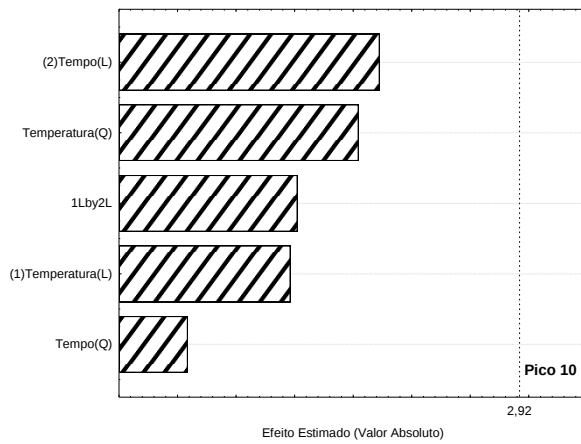
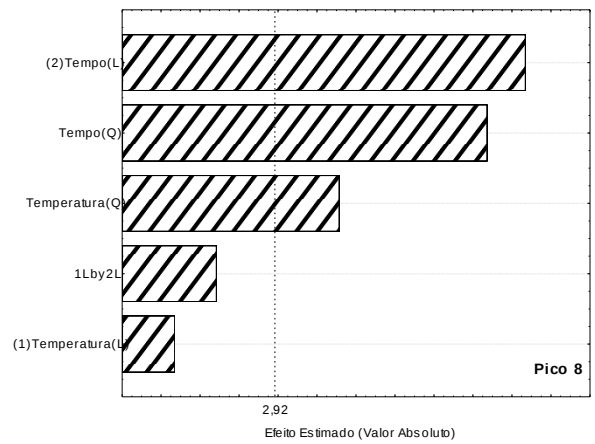
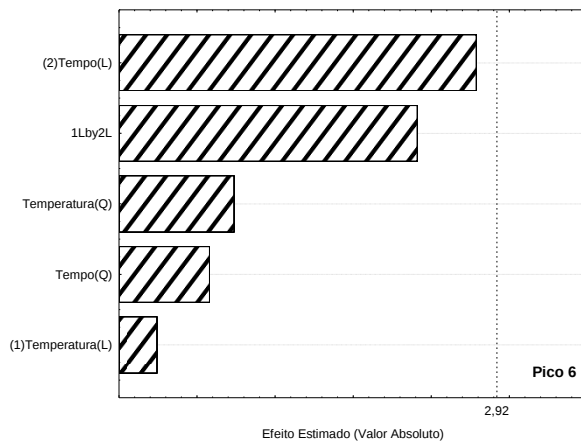
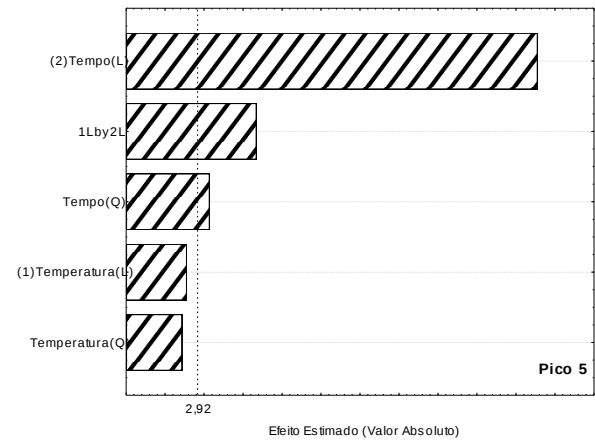
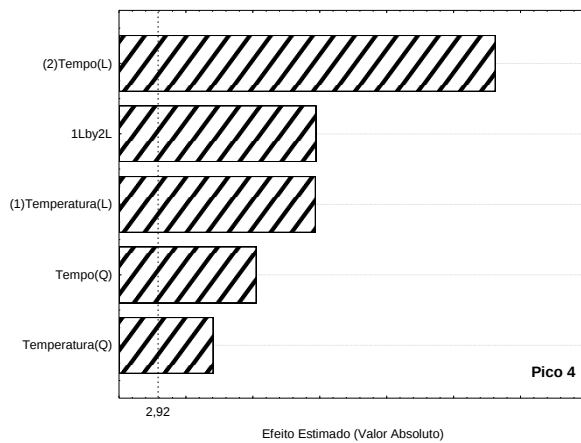
Figura 11 – Cromatograma com detalhe da região de 30 a 40 min, do perfil de metabólitos de suco de melão não submetido a tratamento térmico (A) e submetido ao tratamento 1 do DCCR 2² (B)

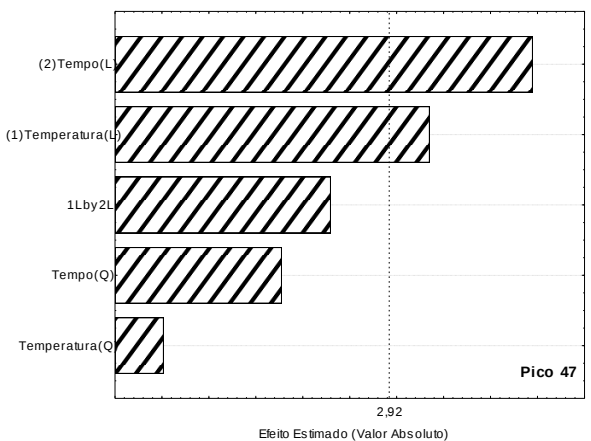
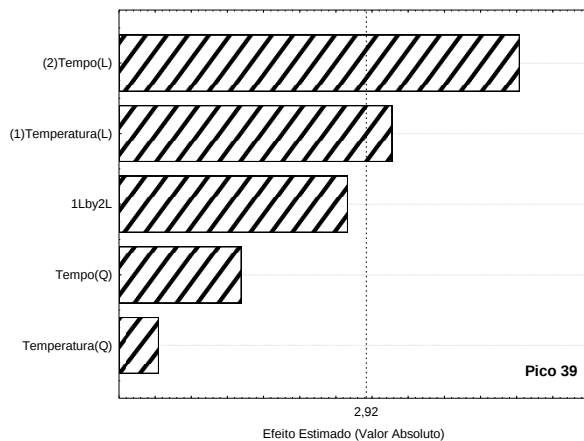
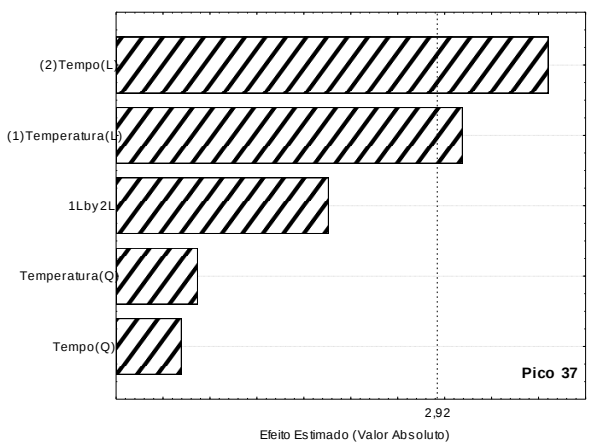
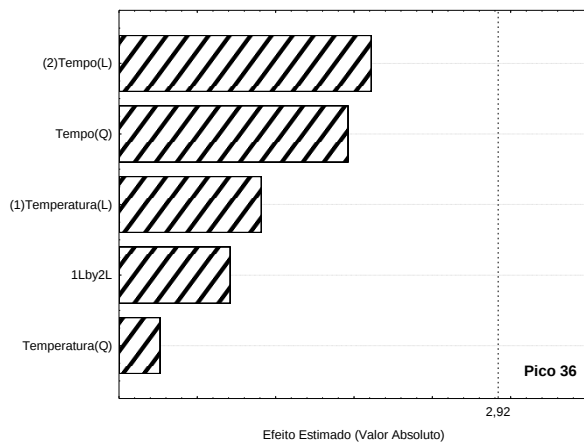
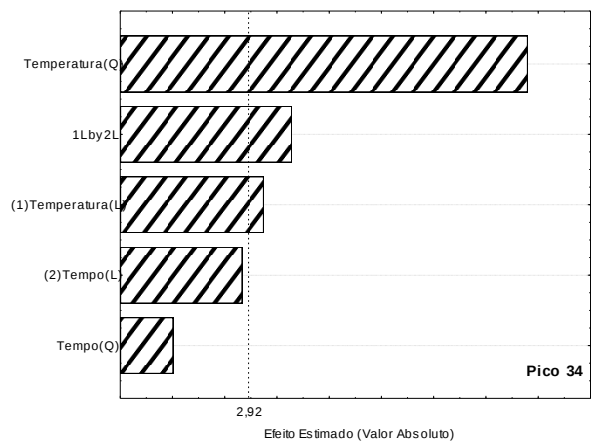
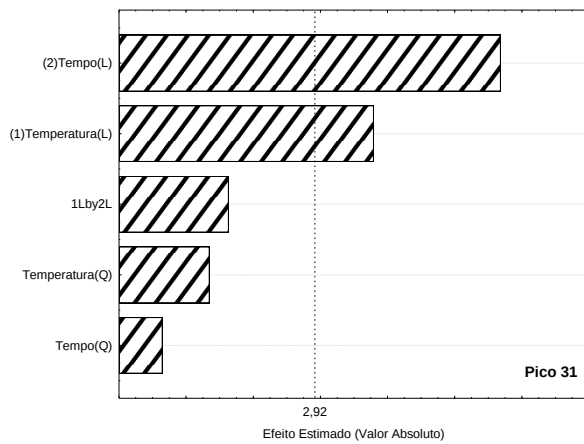
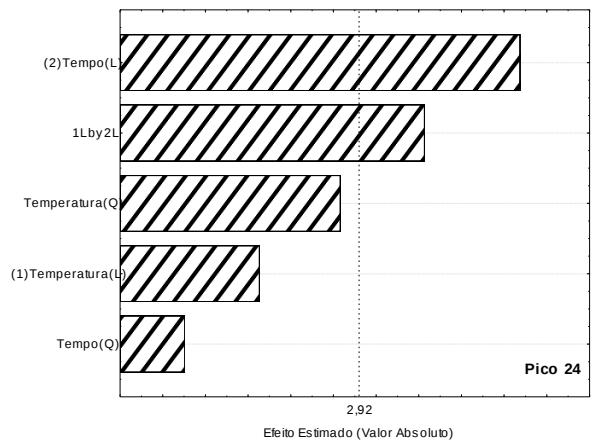
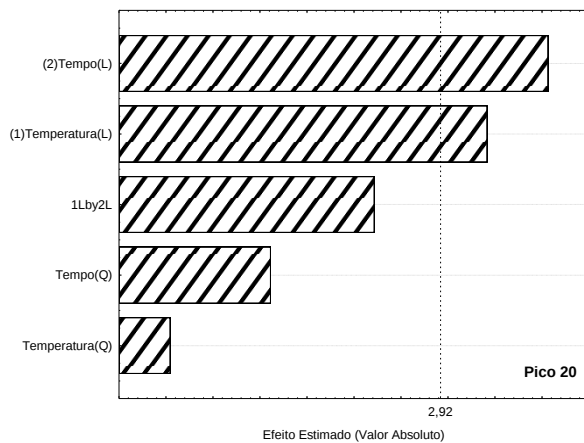
Os picos que apresentaram coeficiente de variação, no ponto central (PC), acima de 30% foram descartados. Resultando em 37 picos que foram submetidos à análise estatística (Tabela 9). Dentre os picos encontrados, dois foram formados (Picos 17 e 24) e não se apresentaram no controle quando submetidos a tratamento térmico, estes compostos podem vir a ser um fator de controle de qualidade de processos, marcadores, na fabricação de suco de melão.

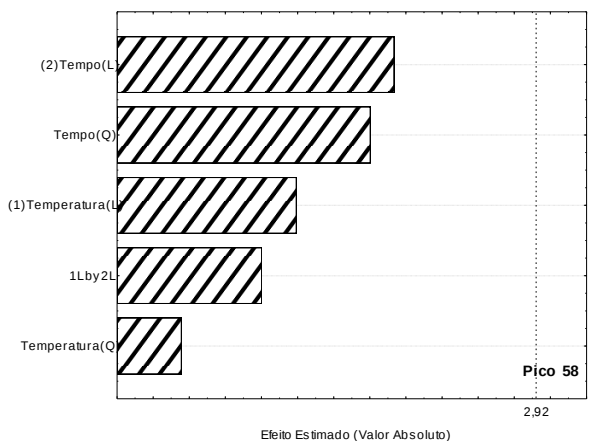
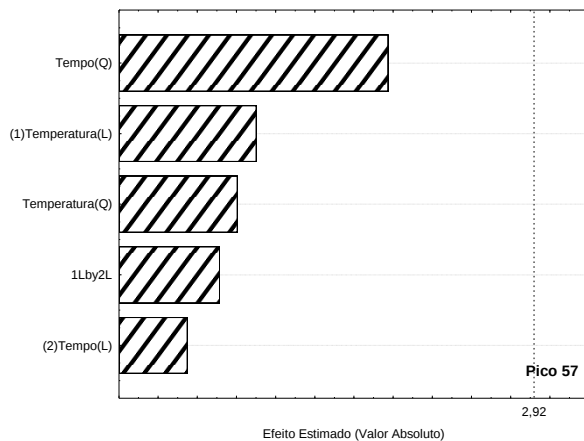
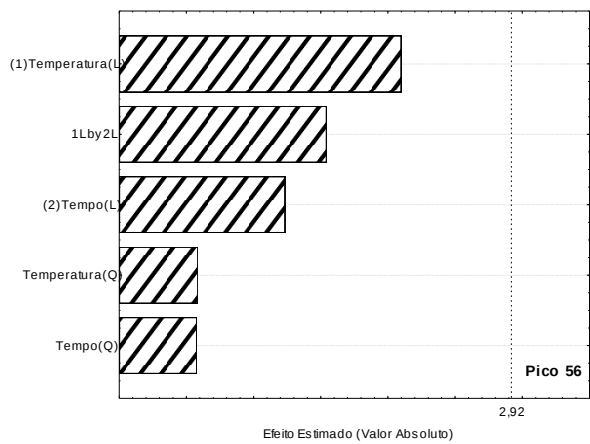
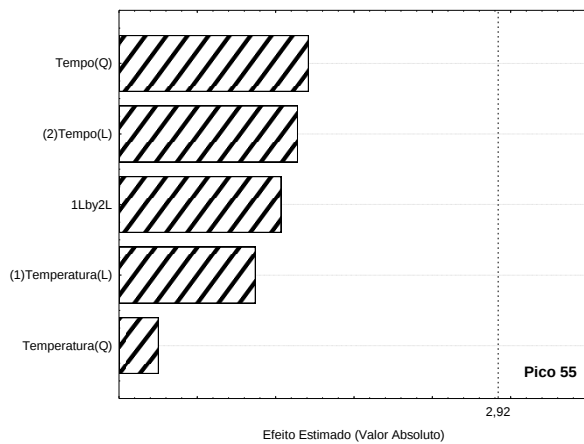
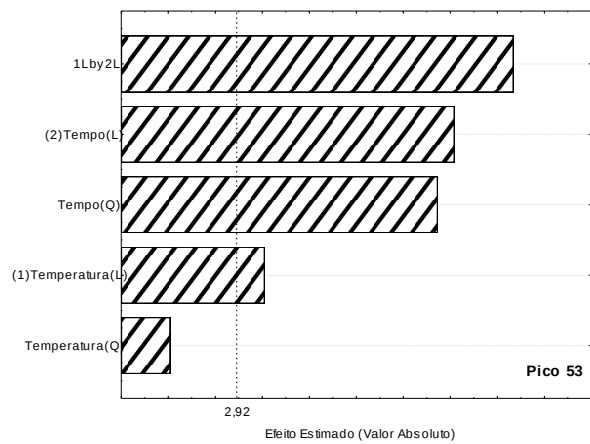
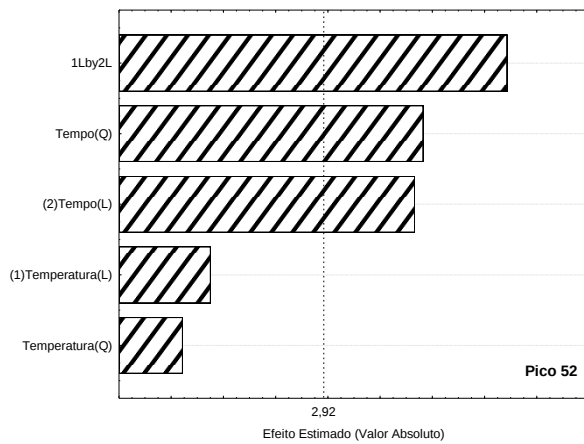
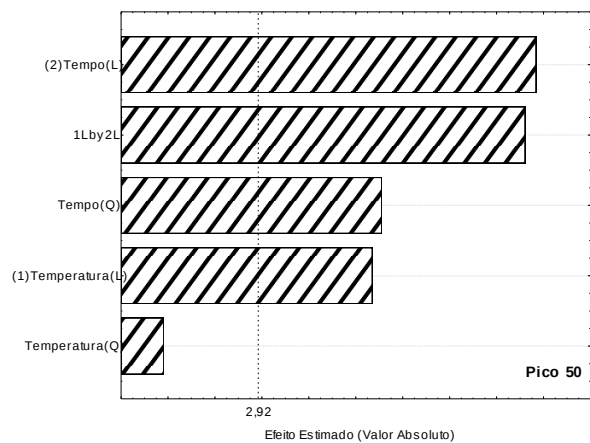
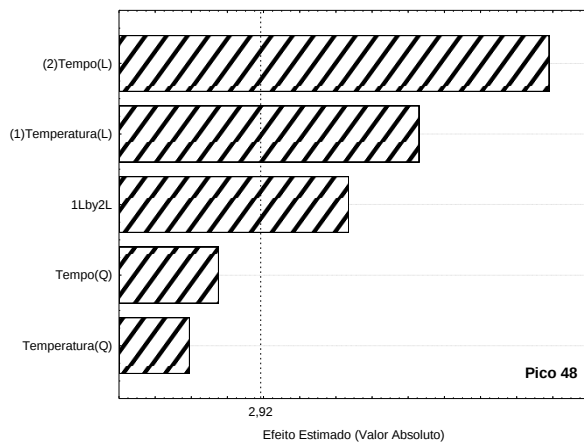
Na Figura 12, encontram-se dispostos os diagramas de Pareto dos picos submetidos à análise estatística.

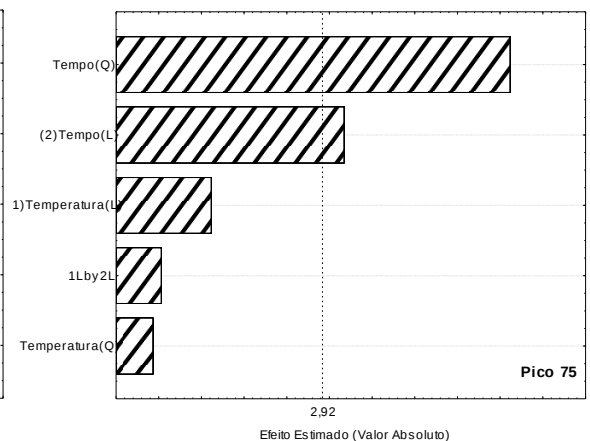
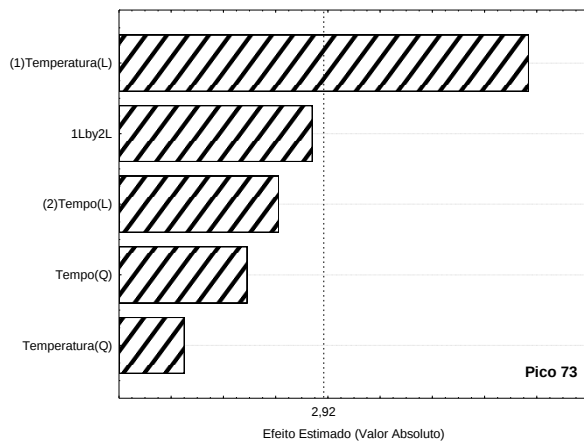
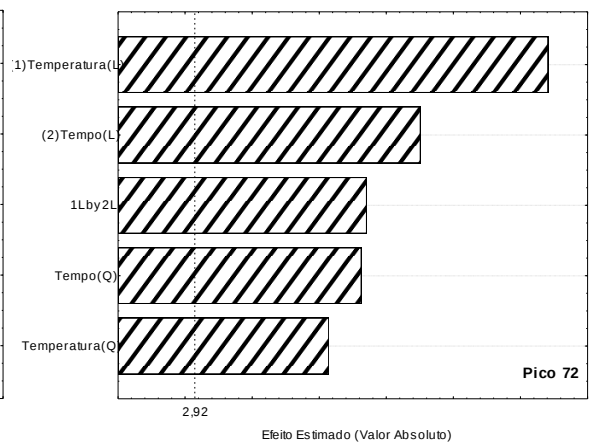
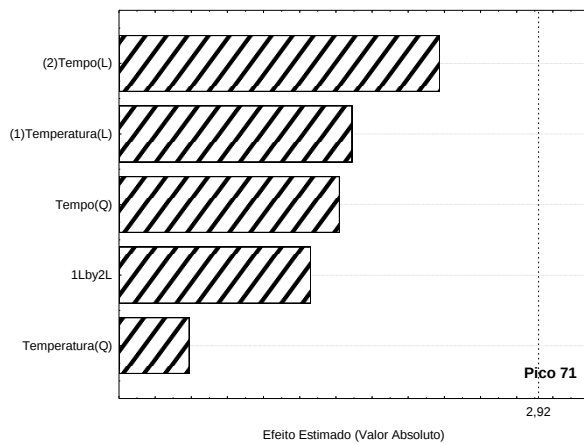
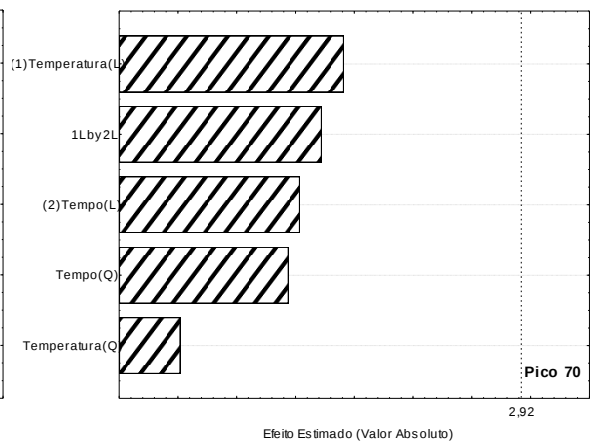
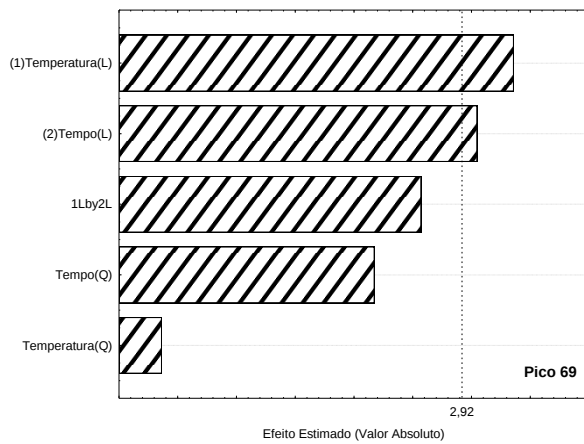
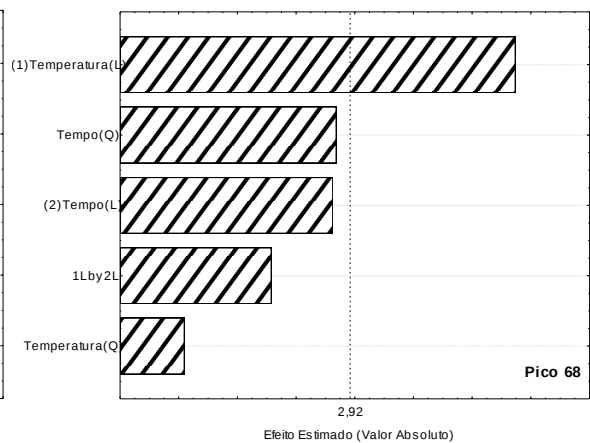
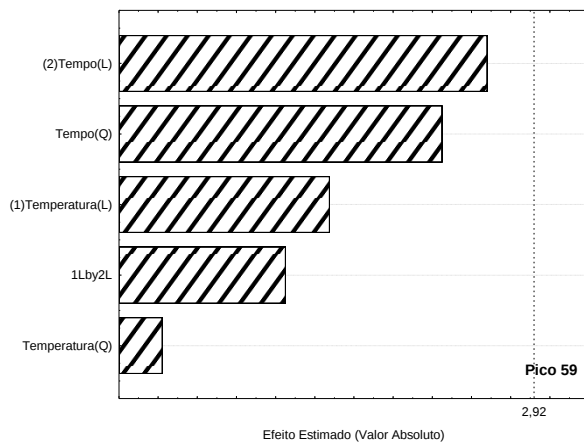
Tabela 9. Resultados dos experimentos do DCCR 2² para os picos presentes em todos os tratamentos (PC abaixo de 30% de co-variação)

Pico	Respostas DCCR 2 ² / $\hat{Y}$ / log[área]											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4	6,61	6,42	6,45	6,28	6,99	6,31	6,71	6,18	6,96	6,39	6,37	6,34
5	5,97	7,00	6,86	7,31	6,15	7,03	6,54	7,30	6,19	6,97	7,22	7,21
6	5,42	5,65	5,51	5,42	5,67	5,53	5,69	5,41	5,79	5,60	5,47	5,44
8	5,21	5,57	5,42	5,56	5,44	5,54	5,54	5,51	5,50	5,57	5,55	5,57
10	5,64	6,05	5,95	6,07	5,91	6,00	6,07	6,04	6,12	6,05	6,01	6,07
15	5,60	5,95	5,87	5,96	5,84	5,85	5,93	5,94	5,91	5,95	5,90	5,92
17	-	5,35	5,33	5,38	5,23	5,32	5,39	5,33	6,31	5,33	5,39	5,35
18	6,76	6,80	6,84	6,76	7,08	6,66	7,01	6,70	7,09	6,78	6,82	6,58
20	5,92	5,86	5,90	5,80	6,15	5,70	6,05	5,79	6,10	6,05	5,82	5,87
24	-	5,54	5,39	5,59	5,75	5,51	5,45	5,50	5,84	5,55	5,62	5,53
31	6,45	6,51	6,66	6,56	6,95	6,44	6,78	6,24	6,72	6,72	6,53	6,67
34	5,42	5,84	5,77	5,84	5,71	5,76	5,84	5,82	5,93	5,86	5,85	5,79
36	6,42	6,50	6,49	6,37	6,73	6,29	6,63	6,42	6,80	6,60	6,43	6,45
37	6,58	6,76	6,82	6,71	7,10	6,58	7,02	6,55	7,02	6,90	6,72	6,77
39	6,33	6,48	6,51	6,34	6,74	6,28	6,66	6,35	6,74	6,65	6,42	6,46
47	6,06	6,12	6,15	6,01	6,42	5,89	6,33	6,05	6,49	6,27	6,08	6,10
48	6,97	7,12	7,14	7,00	7,37	6,94	7,32	6,94	7,37	7,28	7,08	7,14
50	6,94	7,03	6,91	6,79	7,07	6,73	7,04	6,83	7,12	6,90	6,85	6,88
52	6,53	6,67	6,41	6,30	6,67	6,29	6,44	6,38	6,76	6,42	6,43	6,34
53	6,34	6,69	6,32	6,29	6,76	6,21	6,41	6,27	6,90	6,35	6,31	6,37
55	7,30	7,44	7,35	7,25	7,65	7,14	7,51	7,30	7,62	7,41	7,29	7,37
56	7,18	7,44	7,36	7,35	7,49	7,20	7,47	7,34	7,47	7,30	7,32	7,46
57	6,81	7,06	6,94	6,94	7,16	6,77	7,08	6,90	7,12	6,86	6,89	7,04
58	7,90	8,01	7,99	7,84	8,26	7,76	8,19	7,92	8,31	8,12	7,90	7,95
59	7,78	7,88	7,86	7,71	8,14	7,63	8,06	7,80	8,22	8,00	7,77	7,82
68	6,42	6,53	6,52	6,55	6,74	6,20	6,74	6,52	6,71	6,55	6,47	6,57
69	6,59	6,78	6,75	6,72	7,00	6,61	6,88	6,74	6,94	6,79	6,81	6,72
70	6,40	6,75	6,70	6,67	6,78	6,60	6,80	6,70	6,80	6,71	6,77	6,67
71	6,93	6,99	6,99	6,85	7,30	6,79	7,18	6,91	7,25	7,16	6,97	6,93
72	6,01	6,31	6,26	6,27	6,39	6,07	6,36	6,26	6,43	6,29	6,29	6,29
73	6,23	6,43	6,39	6,44	6,60	6,22	6,55	6,39	6,45	6,44	6,37	6,51
75	6,00	6,26	6,25	6,26	6,32	6,12	6,20	6,26	6,46	6,39	6,16	6,24
79	7,07	7,14	7,10	7,00	7,46	6,91	7,32	7,07	7,40	7,30	7,09	7,11
81	6,09	6,10	6,01	5,98	6,54	5,73	6,27	6,03	6,47	6,20	5,96	6,10
82	6,83	6,88	6,86	6,71	7,21	6,65	7,06	6,81	7,15	7,04	6,84	6,84
83	7,72	7,78	7,80	7,66	8,08	7,57	7,98	7,72	8,10	7,93	7,75	7,77
100	6,98	7,05	7,03	6,87	7,30	6,78	7,26	6,96	7,48	7,18	7,03	7,02









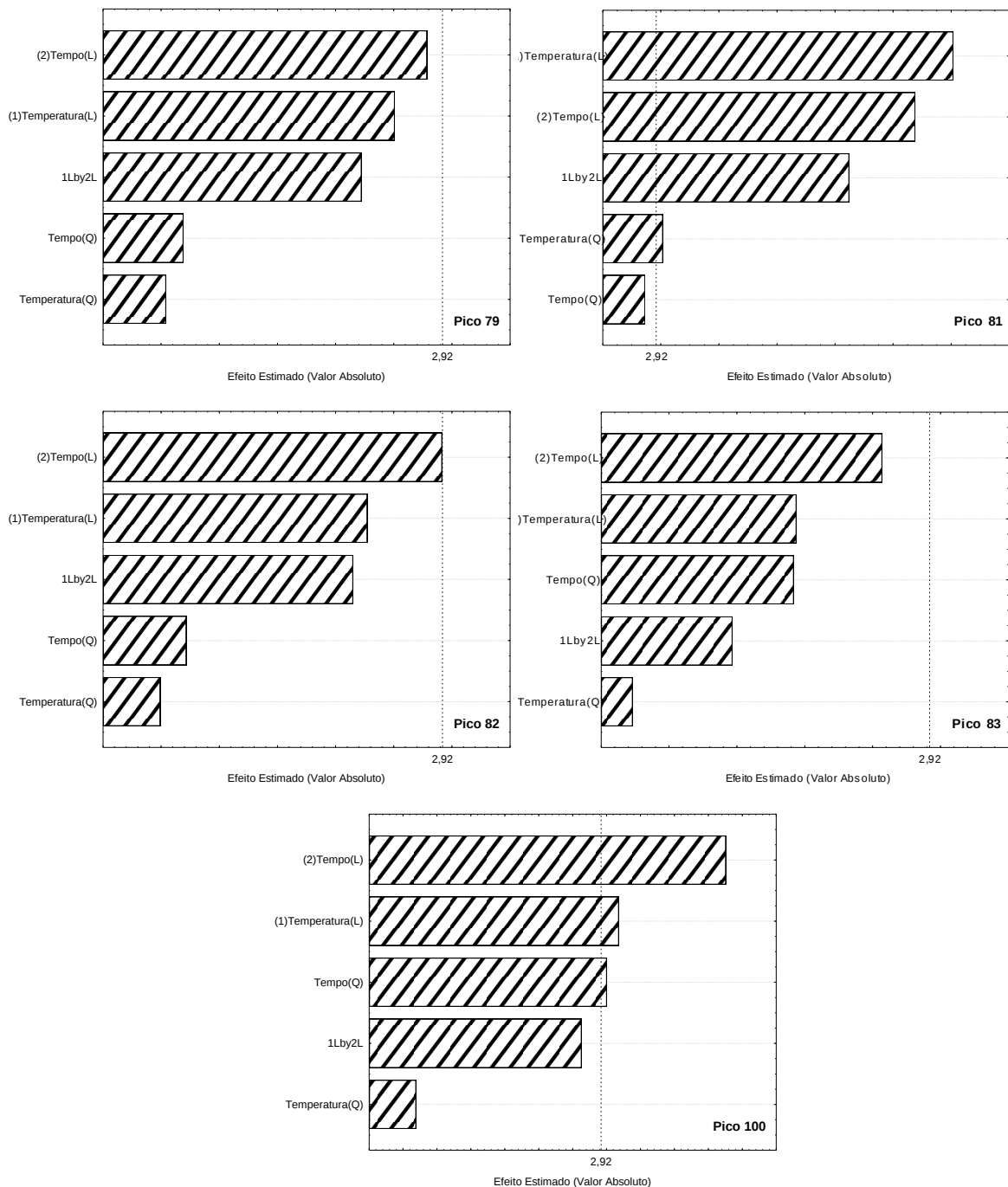


Figura 12 – Diagramas de Pareto: nível de 90% de confiança ($p < 0,10$)

Nos efeitos padronizados do diagrama de Pareto, ilustrado na Figura 13, observa-se que para o nível de 90% de confiança ($p < 0,10$) o termo linear do tempo exerceu efeito estatisticamente significativo em 20 picos (54.05 %) seguido pelo termo linear da temperatura, 16 picos (43.24 %). O termo quadrático da temperatura foi o termo ínfimo, exercendo efeito estatisticamente significativo em apenas 6 picos (16.22 %).

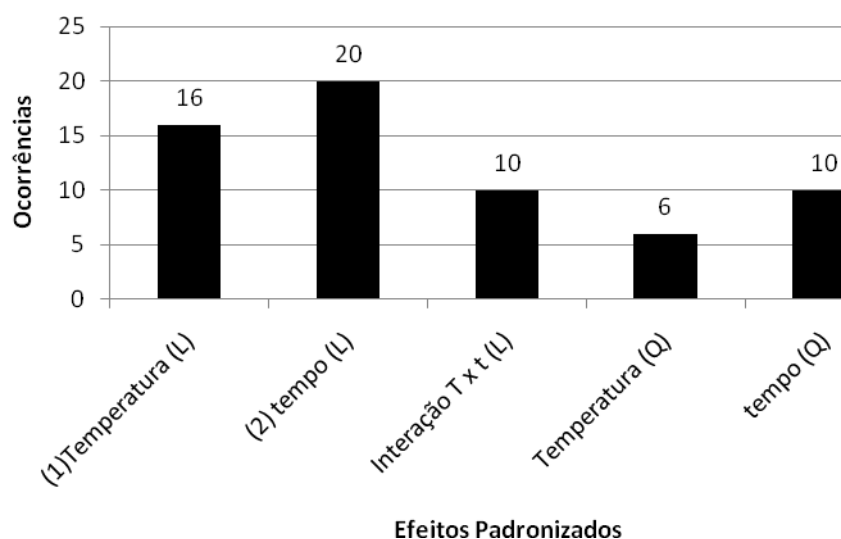


Figura 13 – Avaliação dos efeitos padronizados dos diagramas de Pareto, nível de 90% de confiança ($p < 0,10$)

Em geral, 23 (62.16 %) picos apresentaram efeito estatisticamente significativo. Em relação aos efeitos padronizados positivos e negativos dos diagramas de Pareto (Figura 14). O efeito positivo, caracterizando formação ou aumento da concentração de um determinado metabólito representado por cada pico no cromatograma, exerceu uma maior influência para os termos lineares de tempo e temperatura, e interação entre os mesmos. Já para os termos quadráticos de tempo e temperatura, os efeitos positivos e negativos ficaram balanceados.

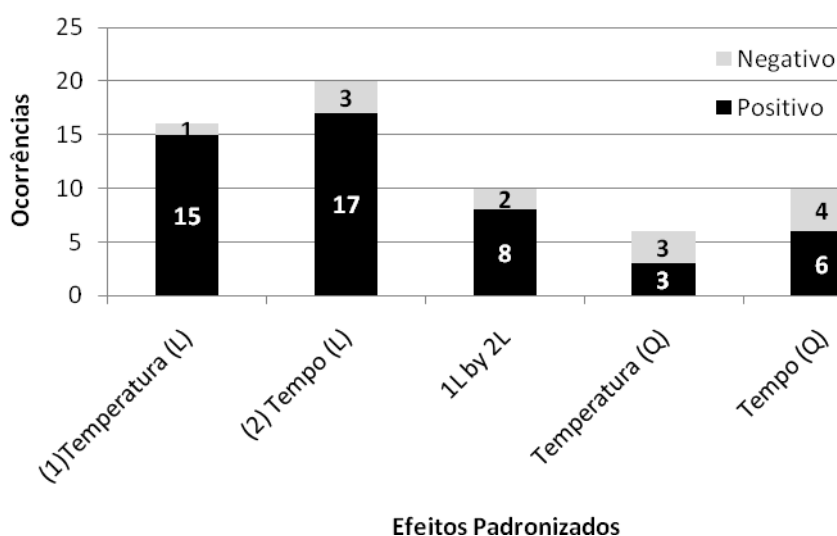


Figura 14 – Avaliação dos efeitos padronizados positivos e negativos dos diagramas de Pareto, nível de 90% de confiança ($p < 0,10$)

Segundo Beltrão e Oliveira (2007) a degradação de proteínas permite a reciclagem de aminoácidos. O que justifica o fato de ocorrer uma maior formação de metabólitos, ou seja, explica o fato dos efeitos positivos vistos nos diagramas de Pareto se sobressaírem sobre os efeitos negativos. Ressaltando que a degradação térmica de compostos de alto peso molecular, como proteínas, carboidratos, lipídios, dentre outros que apresentam em sua estrutura unidades básicas estruturais como aminoácidos, açúcares simples e ácidos graxos justifica os efeitos nos tratamentos utilizados no DCCR 2².

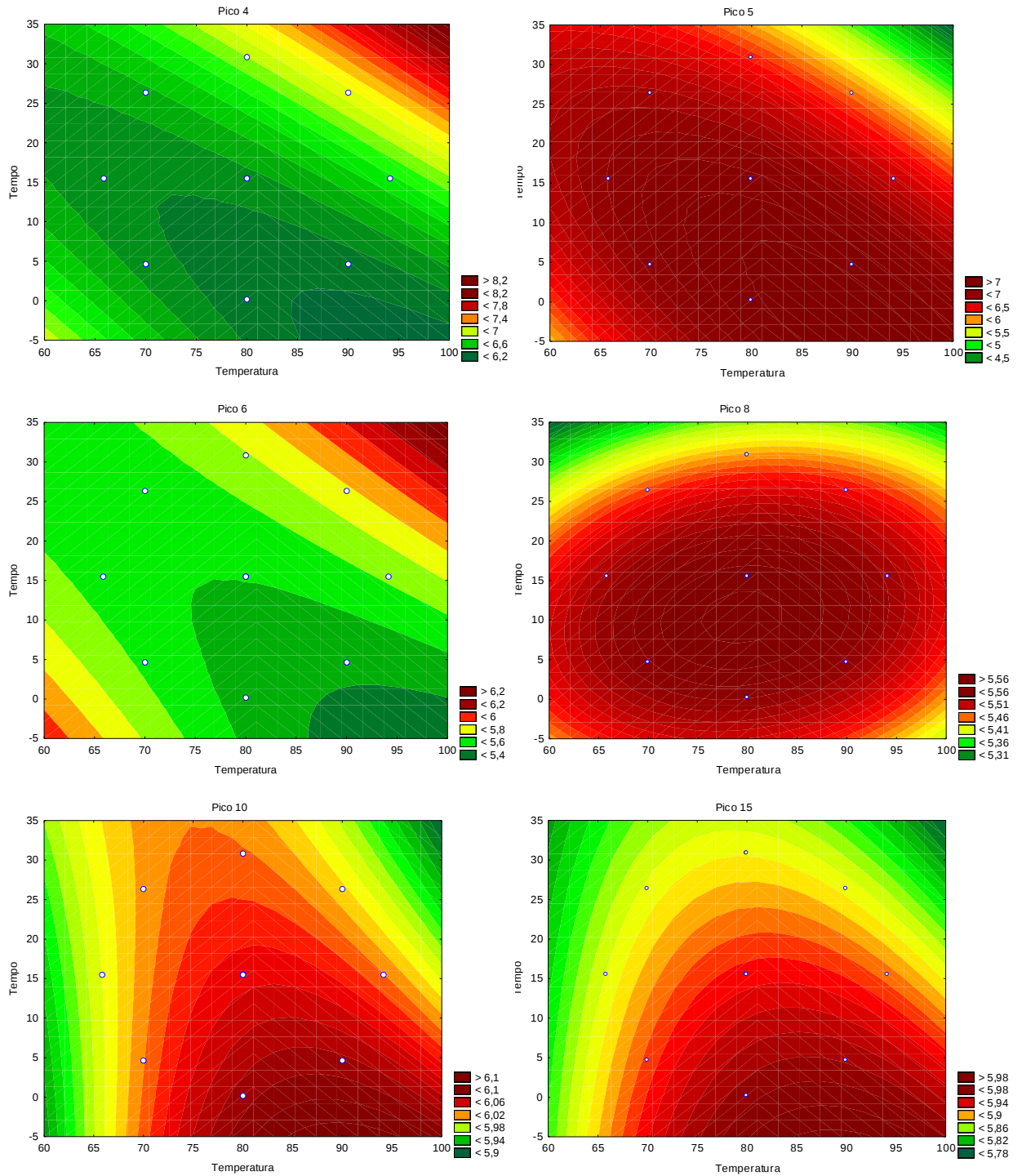
Através dos resultados obtidos, foram calculados os coeficientes de regressão para a função quadrática do perfil de cada pico que apresentaram diferença estatisticamente significativa no suco de melão em no mínimo um termo, Tabela 10.

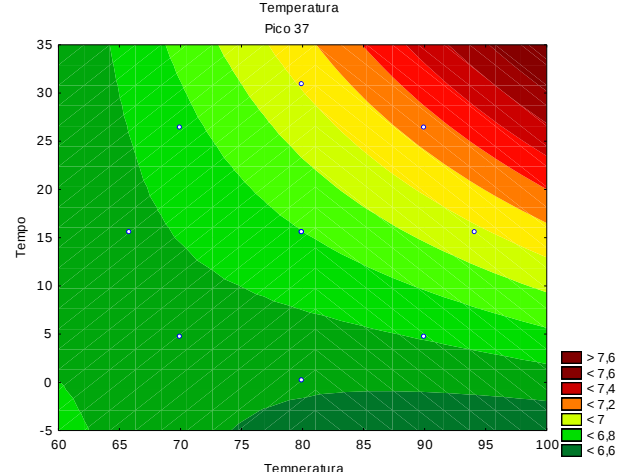
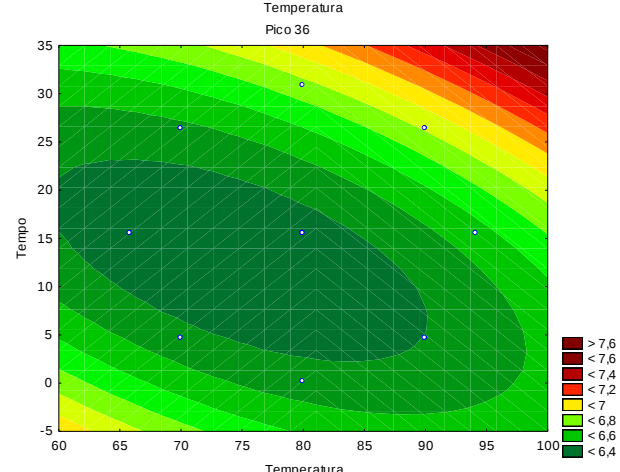
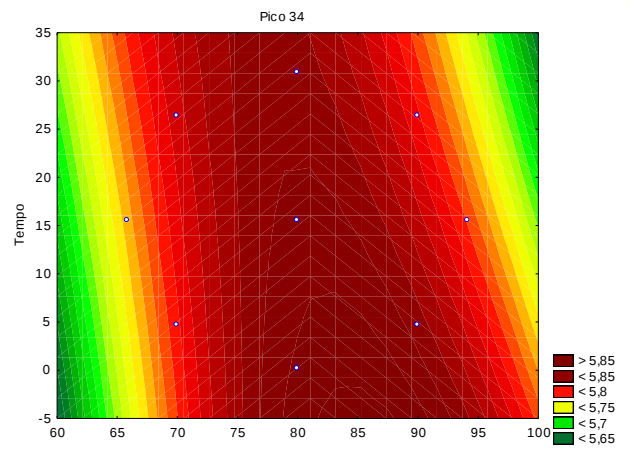
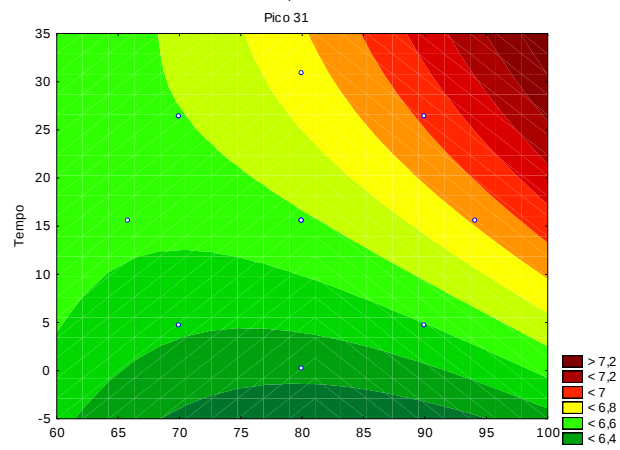
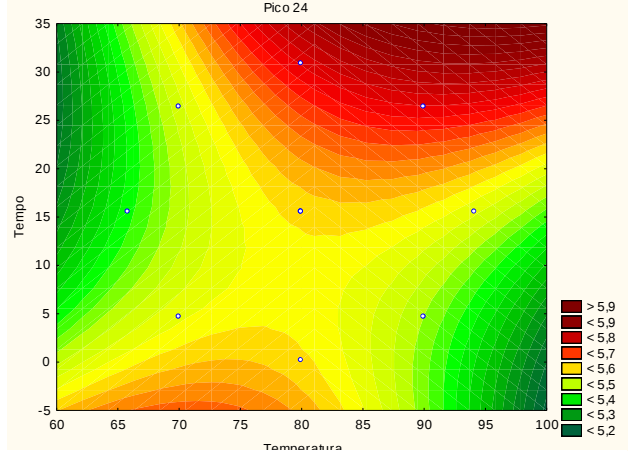
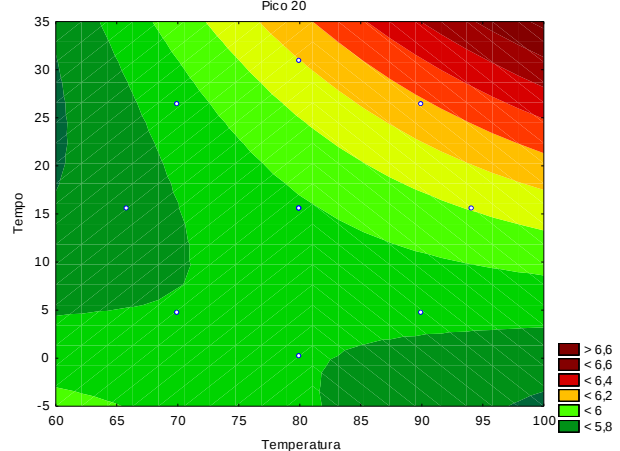
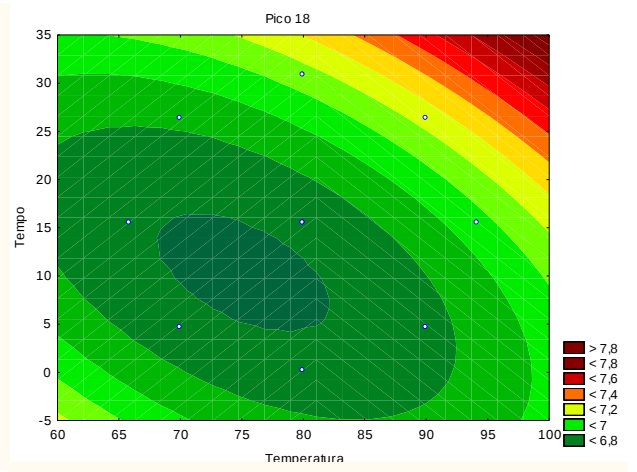
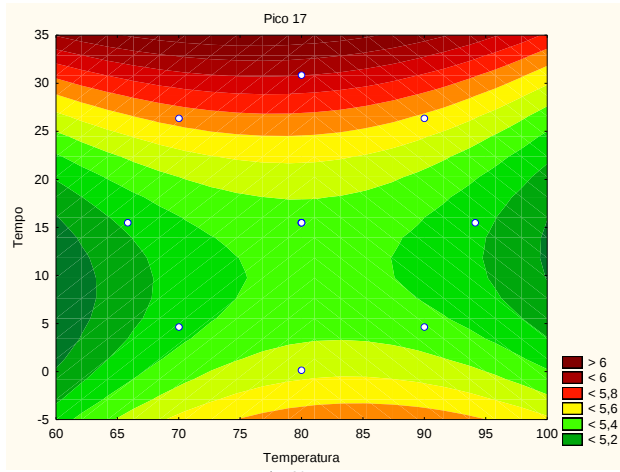
Tabela 10 – Funções representativas do comportamento do perfil de metabólitos que apresentam diferença significativa no suco de melão

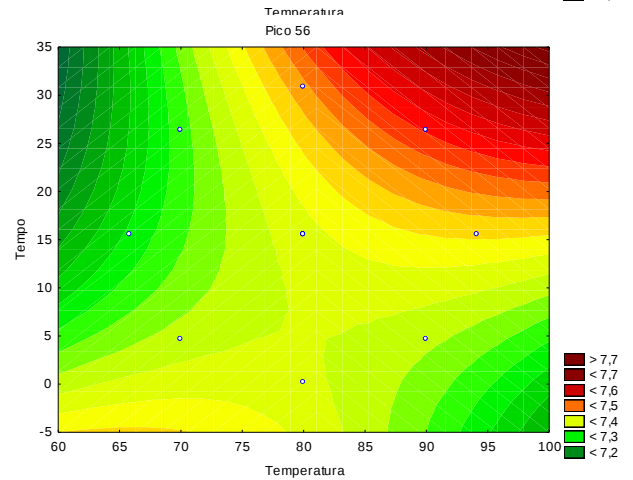
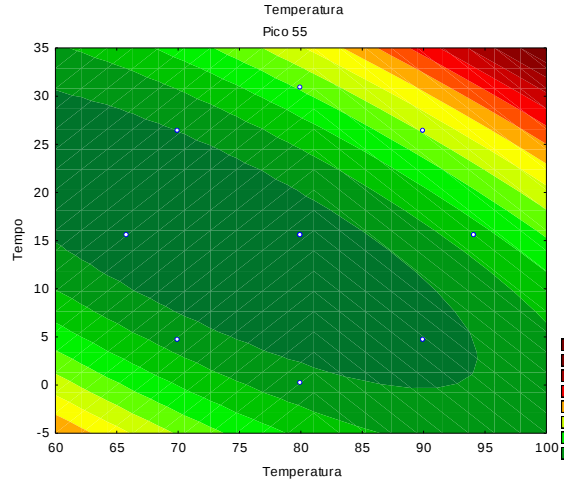
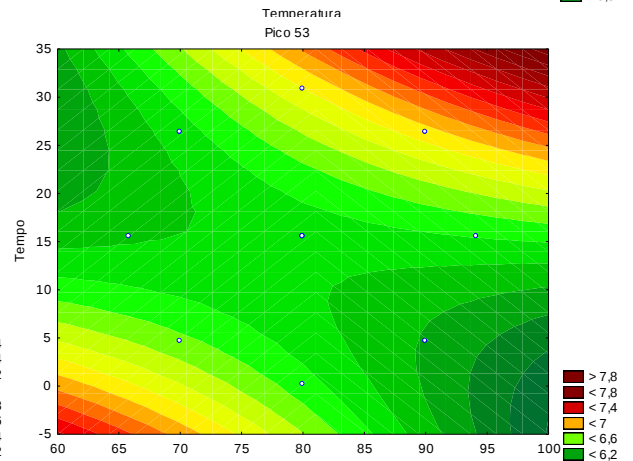
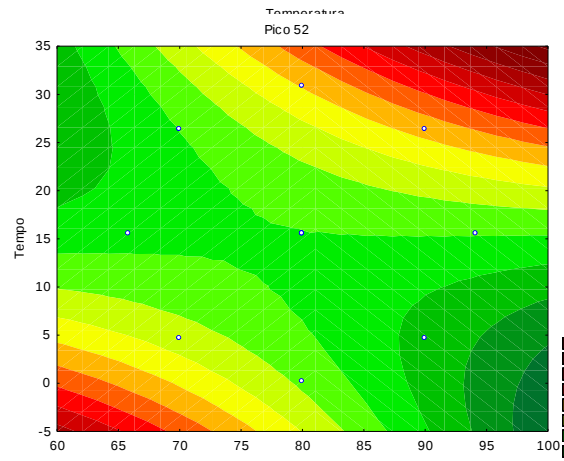
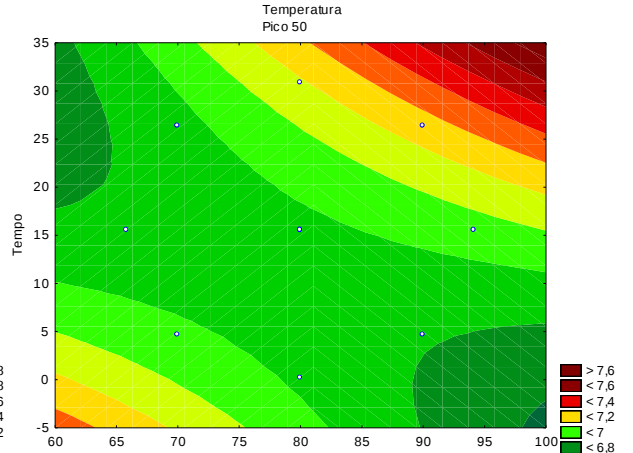
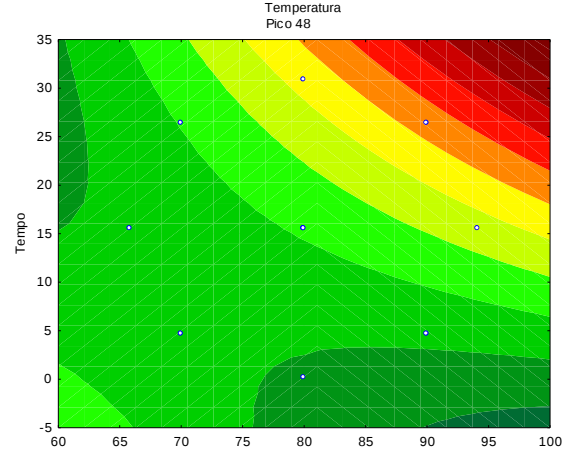
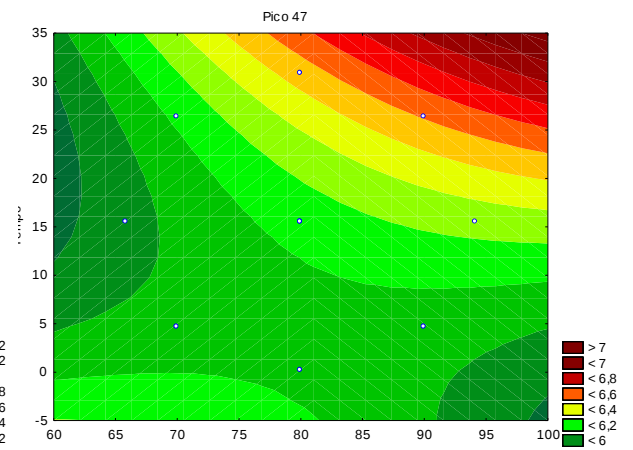
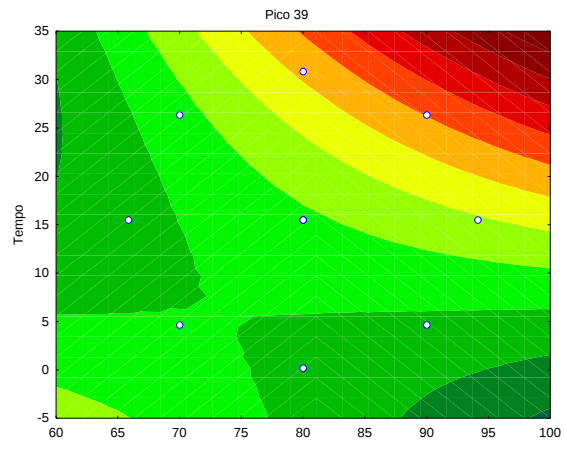
Pico	Função	R ²
4	$\hat{Y} = 6,37 + 0,12 X_1 + 0,23 X_2 + 0,07 X_1^2 + 0,10 X_2^2 + 0,17 X_1X_2$	0,97
5	$\hat{Y} = 7,13 - 0,14 X_1 - 0,36 X_2 - 0,16 X_1^2 - 0,18 X_2^2 - 0,26 X_1X_2$	0,96
8	$\hat{Y} = 5,57 + 0,00 X_1 - 0,03 X_2 - 0,02 X_1^2 - 0,04 X_2^2 + 0,01 X_1X_2$	0,64
15	$\hat{Y} = 5,92 + 0,01 X_1 - 0,03 X_2 - 0,02 X_1^2 - 0,00 X_2^2 - 0,01 X_1X_2$	0,61
17	$\hat{Y} = 5,36 + 0,00 X_1 + 0,15 X_2 - 0,07 X_1^2 + 0,16 X_2^2 - 0,03 X_1X_2$	0,49
20	$\hat{Y} = 5,89 + 0,09 X_1 + 0,19 X_2 + 0,00 X_1^2 + 0,03 X_2^2 + 0,08 X_1X_2$	0,88
24	$\hat{Y} = 5,58 + 0,04 X_1 + 0,06 X_2 - 0,06 X_1^2 + 0,04 X_2^2 + 0,08 X_1X_2$	0,63
31	$\hat{Y} = 6,58 + 0,10 X_1 + 0,15 X_2 + 0,04 X_1^2 - 0,02 X_2^2 + 0,06 X_1X_2$	0,87
34	$\hat{Y} = 5,85 + 0,01 X_1 - 0,01 X_2 - 0,04 X_1^2 - 0,00 X_2^2 - 0,02 X_1X_2$	0,32
37	$\hat{Y} = 6,80 + 0,11 X_1 + 0,14 X_2 + 0,01 X_1^2 + 0,01 X_2^2 + 0,08 X_1X_2$	0,84
39	$\hat{Y} = 6,48 + 0,08 X_1 + 0,12 X_2 + 0,00 X_1^2 + 0,03 X_2^2 + 0,09 X_1X_2$	0,85
47	$\hat{Y} = 6,14 + 0,10 X_1 + 0,13 X_2 - 0,02 X_1^2 + 0,06 X_2^2 + 0,10 X_1X_2$	0,86
48	$\hat{Y} = 7,11 + 0,08 X_1 + 0,12 X_2 + 0,01 X_1^2 + 0,02 X_2^2 + 0,09 X_1X_2$	0,87
50	$\hat{Y} = 6,88 + 0,04 X_1 + 0,07 X_2 + 0,01 X_1^2 + 0,05 X_2^2 + 0,10 X_1X_2$	0,73
52	$\hat{Y} = 6,40 + 0,01 X_1 + 0,08 X_2 + 0,00 X_1^2 + 0,10 X_2^2 + 0,16 X_1X_2$	0,82
53	$\hat{Y} = 6,34 + 0,04 X_1 + 0,12 X_2 + 0,00 X_1^2 + 0,14 X_2^2 + 0,21 X_1X_2$	0,82
68	$\hat{Y} = 6,50 + 0,12 X_1 + 0,06 X_2 + 0,00 X_1^2 + 0,07 X_2^2 + 0,05 X_1X_2$	0,81
69	$\hat{Y} = 6,74 + 0,07 X_1 + 0,06 X_2 + 0,01 X_1^2 + 0,06 X_2^2 + 0,08 X_1X_2$	0,91
72	$\hat{Y} = 6,29 + 0,06 X_1 + 0,04 X_2 - 0,03 X_1^2 + 0,04 X_2^2 + 0,04 X_1X_2$	0,78
73	$\hat{Y} = 6,41 + 0,09 X_1 + 0,03 X_2 + 0,00 X_1^2 + 0,02 X_2^2 + 0,05 X_1X_2$	0,80
75	$\hat{Y} = 6,20 + 0,02 X_1 + 0,04 X_2 - 0,02 X_1^2 + 0,08 X_2^2 + 0,02 X_1X_2$	0,87
81	$\hat{Y} = 6,15 + 0,15 X_1 + 0,14 X_2 - 0,07 X_1^2 + 0,06 X_2^2 + 0,16 X_1X_2$	0,95
100	$\hat{Y} = 6,98 + 0,10 X_1 + 0,14 X_2 + 0,01 X_1^2 + 0,11 X_2^2 + 0,11 X_1X_2$	0,83

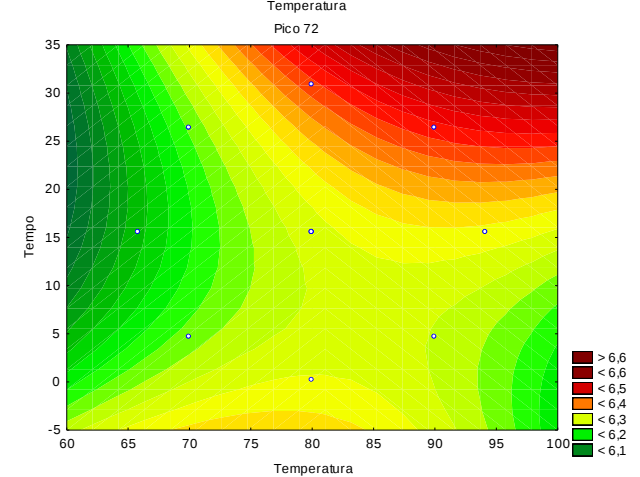
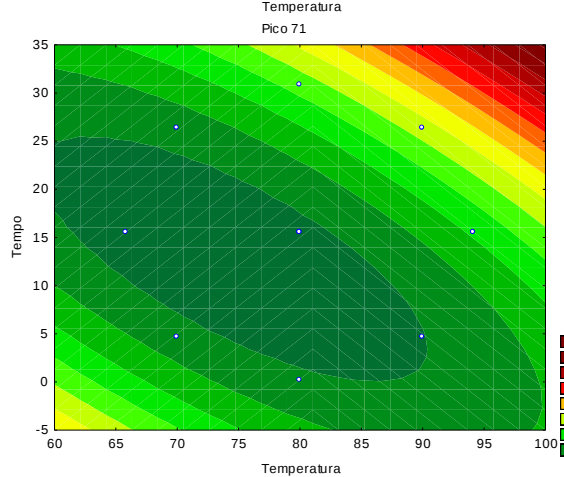
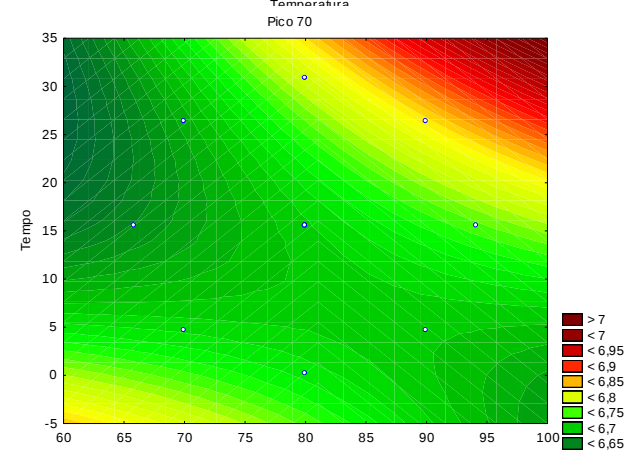
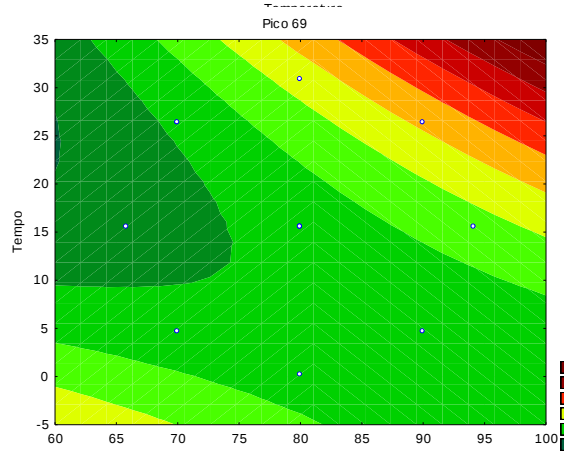
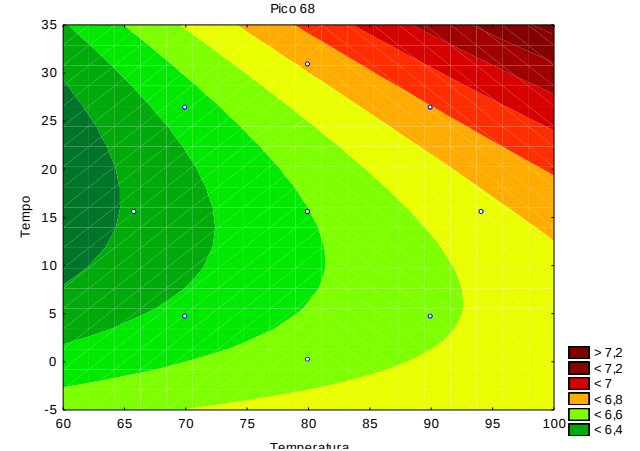
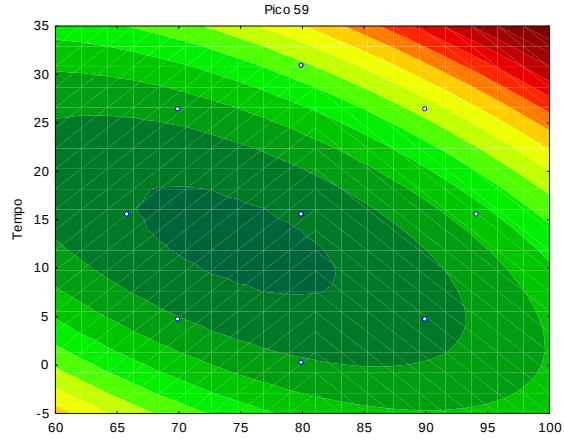
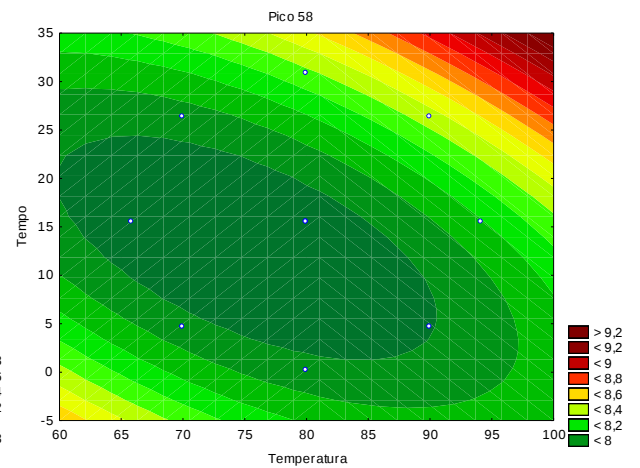
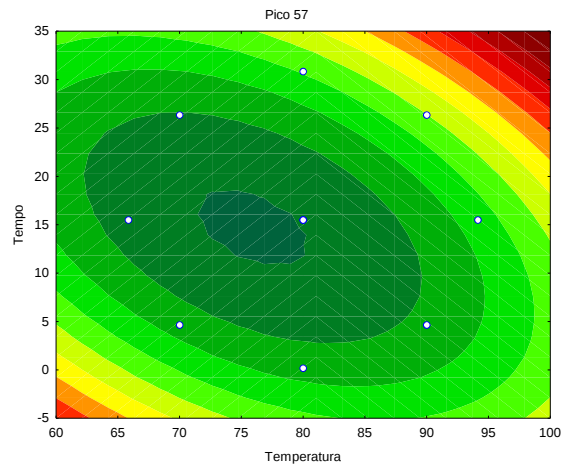
$\hat{Y}$ – resposta (log[área]); X – variáveis (1-Temperatura e 2-tempo); R² – coeficiente de determinação

Na Figura 15, encontram-se dispostos as curvas de contorno da superfície de resposta para os picos presentes em todos os tratamentos do DCCR 2².









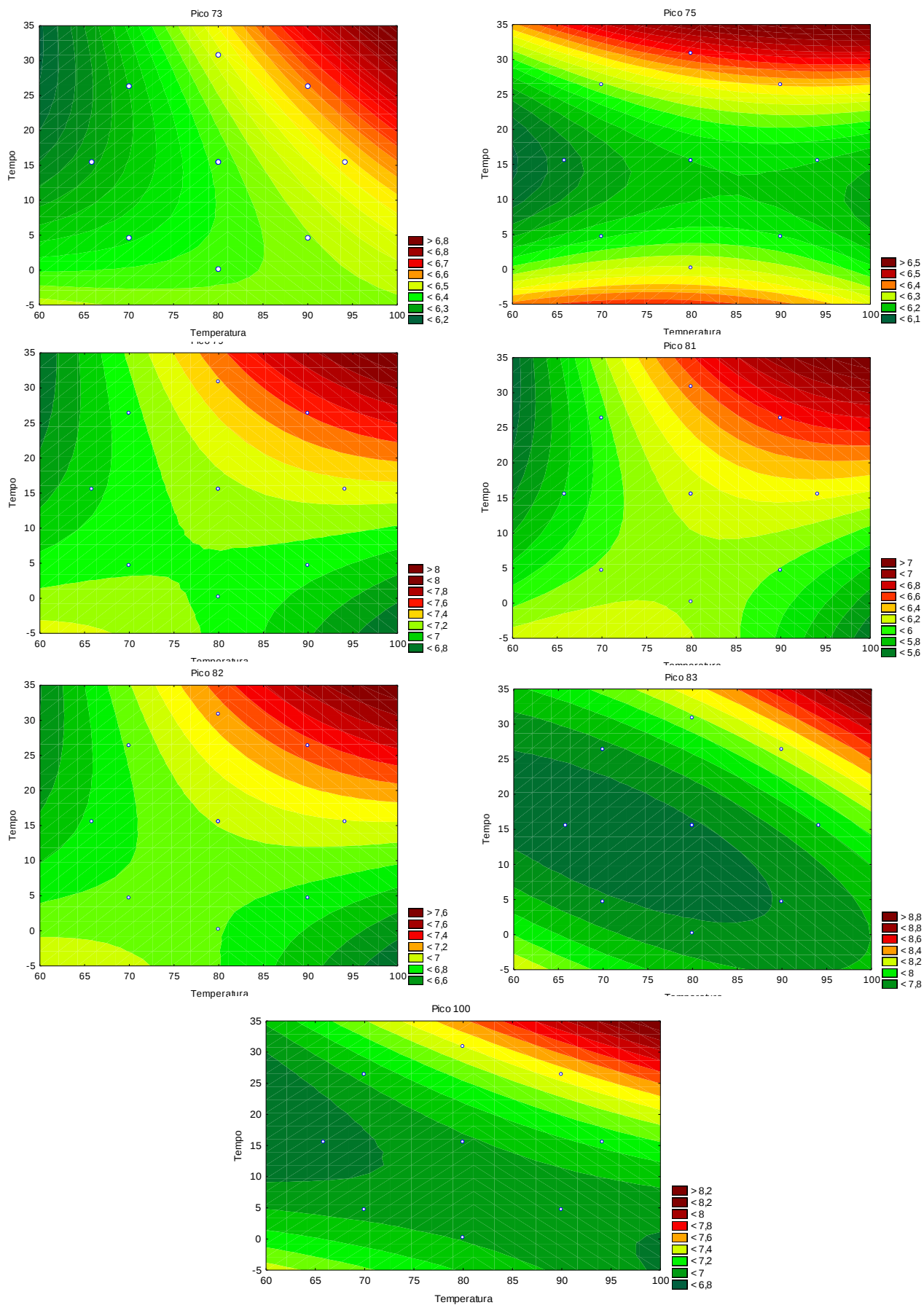


Figura 15 – Curvas de níveis de Superfície de resposta em função da temperatura e do tempo

Um estudo realizado por Biaís *et al.* (2009) apresenta uma análise que destaca os principais metabólitos no melão (*Cucumis melo* L.) variedades Cézanne, Escrito e Hugo, dentre eles açúcares, ácidos orgânicos, alcoóis e aminoácidos.

Dentre os metabólitos do suco de melão tratado termicamente que estavam presentes em todos os tratamentos foram selecionados os picos 4 (1- metil-ciclo-hexanol), 17 (ácido isovalérico) e 20 (glicina), por estarem distribuídos em níveis variados nos gráficos de curvas de contorno da superfície de resposta e apresentarem termos que exerceram efeito estatisticamente significativo sobre a formação e/ou degradação dos mesmos no diagrama de Pareto.

Avaliando-se as curvas de contornos dos marcadores 1- metil-ciclo-hexanol , ácido isovalérico e glicina, verifica-se que tratamentos com temperaturas entre 66 e 90°C abaixo de 15,5 min favorecem um melhor acompanhamento do processamento térmico de suco de melão em termos de maior preservação desses metabólitos.

Os ensaios 4, 6 e 8 (90 / 26.35, 94 / 15.50, 80° C / 30.84 min, respectivamente) do DCCR 2² foram os tratamentos que favoreceram uma grande formação de metabólitos no tratamento térmico de suco de melão, fato este que pode favorecer uma maior capacidade de aderência à superfície dos equipamentos o que acarreta maiores gastos em manutenção para a indústria de beneficiamento de frutos.

As reações químicas como a fusão, volatilização e oxidação de metabólitos secundários são responsáveis pela alta taxa de degradação e formação, ou seja, foi fornecida a energia de ativação necessária para que ocorresse a decomposição térmica. (MASTERTON, 1990).

5. CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos dentro das condições experimentais do presente trabalho, pode-se concluir que:

- ✓ Dentre as variáveis estudadas o tempo foi o maior responsável na formação e/ou degradação de metabólitos presentes no suco de melão.
- ✓ A partir dos resultados obtidos, o conhecimento do perfil de metabólitos em diferentes faixas de tempo/temperatura pode ser utilizado no acompanhamento no controle de qualidade de processos na fabricação de suco de melão, atribuindo-se marcadores nos picos 4 (1- metil-ciclo-hexanol), 17 (ácido isovalérico) e 20 (glicina).
- ✓ As informações quantitativas e qualitativas obtidas referentes ao comportamento do perfil de metabólitos de suco de melão submetido a tratamento térmico podem ser utilizadas para monitorar e controlar o processamento térmico do produto. Além disso, podem ser utilizadas na otimização no uso racional e eficiente de energia, matéria-prima e tempo, contribuindo para a sustentabilidade e menor impacto ambiental.
- ✓ Uma das principais vantagens da metabolômica é a extração de imensas substâncias ativas e a desvantagem que não tem um método universal para analisar as substâncias de constituição química muito variada.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, C.; DUARTE, I. F.; BARROS, A.; RODRIGUES, J.; SPRAUL, M.; GIL, A. M. Composition of Beer by ^1H NMR Spectroscopy: Effects of Brewing Site and Date of Production. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 54, p. 700-706, 2006.
- ANDRADE, D. F.; OGLIARI, P. J. **Estatística para as Ciências Agrárias e Biológicas**: com Noções de Experimentação. Florianópolis: UFSC, 2007.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA 2009. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2009.
- ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos**: Teoria e Prática. 4 ed. Viçosa, MG: UFV, 2008.
- AROUCHA, E. M. M.; MORAIS, F. A.; NUNES, G. H. S.; TOMAZ, H. V. Q.; SOUSA, A. E. D.; NETO, F. B. Caracterização Física e Química de Melão durante o seu Desenvolvimento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, p. 296-301, 2007.
- ASHURST, P. R. **Chemistry and Technology of Soft Drinks and Fruit Juices**. 2nd ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2005.
- AZEREDO, H. M. C. **Fundamentos de Estabilidade de Alimentos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004.
- BASTOS, M. S. R.; ALVES, R. E. **Orientações Gerais para o Processamento Mínimo de Melão Cantaloupe**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado técnico, 101).
- BARCELOS, L. R. M. O que há dentro do melão que ninguém vê? **O Povo**, Fortaleza, p. 7, 14 set. 2010.
- BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I. P. **Biossíntese e Degradação de Lipídios, Carboidratos e Proteínas em Oleaginosas**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007. (Embrapa Algodão. Documentos, 178).
- BIAIS, B.; ALLWOOD, W.; DEBORDE, C.; XU, Y.; MAUCOURT, M.; BEAUVOIT, B.; DUNN, W. B.; JACOB, D.; GOODACRE, R.; ROLIN, D.; MOING, A. ^1H NMR, GC-EI-TOFMS and Data Set Correlation for Fruit Metabolomics: Application to Spatial Metabolite Analysis in Melon. **Analytical Chemistry**, v. 81, p. 2884-2894, 2009.
- BINNECK, E. As Ômicas: Integrando a Bioinformação. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, v. 1, n. 32, p. 28-37, 2004.
- BIRKEMEYER, C.; KOLASA, A.; KOPKA, J. Comprehensive Chemical Derivatization for Gas Chromatography-mass Spectrometry-based multi-targeted Profiling of the Major Phytormones. **Journal of Chromatography A**, v. 993, p. 89-102, 2003.
- BISOGNIN, D. A. Origem e Evolução de Cucurbitáceas Cultivadas. **Ciência Rural**, v.32, n.5, p. 715-723, 2002.

BRAITHWAITE, A.; SMITH, F. J. **Chromatographic Methods**. 5th. ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1999.

BRASIL. Instrução Normativa Nº 1, de 07 de janeiro de 2000. Padrões de Identidade e Qualidade para Polpa de Melão. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 10 jan. 2000, seção 1, p. 54.

BRAZ FILHO, R. Contribuição da Fitoquímica para o Desenvolvimento de um País Emergente. **Química Nova**, n. 33, p. 229-239, 2010.

BRENNAN, J. G. **Food Processing** – Handbook. Weinheim: Wiley-VCH, 2006.

CACHO, P. R. P.; ROUSEFF, R. Processing and Storage Effects on Orange Juice Aroma: A Review. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, p. 9785-9796, 2008.

CALEGARE, A. J. A. **Introdução ao Delineamento de Experimentos**. São Paulo: EDGAR BLUCHER, 2001.

CATCHPOLE, G. S.; BECKMANN, M.; ENOT, D. P.; MONDHE, M.; ZYWICKI, B.; TAYLOR, J.; HARDY, N.; SMITH, A.; KING, R. D.; KELL, D. B.; FIEHN, O.; DRAPER, J. Hierarchical Metabolomics Demonstrates Substantial Compositional Similarity between Genetically Modified and Conventional Potato Crops. **PNAS**, v. 102, n. 40, p. 14458-14462, 2005.

CAVALCANTE, J. M.; MORAIS, A. C.; RODRIGUES, M. C. P. Efeito da Adição de Amêndoas da Castanha de Caju nas Propriedades Sensoriais do Iogurte Adoçado com Mel. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 03, n. 01, p. 01-14, 2009.

CAVALIERE, B.; NINO, A.; HAYET, F.; LAZEZ, A.; MACCHIONE, B.; MONCEF, C.; PERRI, E.; SINDONA, G. TAGARELLI, A. A Metabolomic Approach to the Evaluation of the Origin of Extra Virgin Olive Oil: A Convenient Statistical Treatment of Mass Spectrometric Analytical Data. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, p. 1454-1462, 2007.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em Análise de Alimentos**. Campinas: UNICAMP, 2001.

CENTENO, D. C.; NEVES, N. R. Contribuidores do Sabor em Tomate (*Solanum lycopersicum* var. MoneyMaker) e suas Inter-relações. **Revista Trópica**, v. 3, p. 4-11, 2009.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de Frutas e Hortaliças: Fisiologia e Manuseio**. Lavras: UFLA, 2005.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de Frutas e Hortaliças: Glossário**. Lavras: UFLA, 2006.

CHO, I. H.; KIM, Y. S.; CHOI, H. K. Metabolomic Discrimination of Different Grades of Pine Mushroom (*Tricholoma matsutake* Sing.) using ¹H NMR Spectrometry and Multivariate Data Analysis. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v. 43, p. 900-904, 2007.

COLLINS, C. H.; BRAGA, G. L.; BONATO, P. S. **Fundamentos de Cromatografia**. Campinas: UNICAMP, 2006.

COULTATE, T. P. **Alimentos: a Química de seus Componentes**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

CRITÉRIOS DE EXCELÊNCIA 2009. São Paulo: Fundação Nacional da Qualidade, 2009.

DAMASCENO, L. F. **Estudo das Interações Polifeno-Proteína e das Reações de Escurecimento não-enzimático para o Processamento de Cajuína**. 2007. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

DONARSKI, J. A.; JONES, S. A.; CHARLTON, A. J. Application of Cryoprobe ^1H Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy and Multivariate Analysis for the Verification of Corsican Honey. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, p. 5451-5456, 2008.

DOSSAT, R. J. **Princípios de Refrigeração**. São Paulo: Hemus, 2004.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de Alimentos**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2008.

FELLOWS, P. J. **Food Processing Technology: Principles and Practice**. 2nd ed. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2000.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos: Princípios e Práticas**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

FERGANY, M.; KAUR, B.; MONFORTE, A. J.; PITRAT, M.; RYS, C.; LECOQ, H.; DHILLON, N. P. S.; DHALIWAL, S. S. Variation in Melon (*Cucumis melo*) Landraces adapted to the Humid Tropics of Southern India. **Genetic Resources and Crop Evolution**, p. 1-19, 2010.

FONSECA, S. F.; GONÇALVES, C. C. S. Extração de pigmentos do espinafre e separação em coluna de açúcar comercial. **Química Nova na Escola**, n. 20, p. 55-58, 2004.

FORSYTHE, S. J. **Microbiologia da Segurança Alimentar**. Porto Alegre: Artmed, 2005.

FREITAS, J. A. D.; LIMA, J. R.; NASSU, R. T.; BASTOS, M. S. R. **Manual de Boas Práticas Agrícolas e Sistema APPCC para o Melão**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2005. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 100).

FREGOLENTE, L. V. **Aplicação de Planejamento de Experimentos em Diferentes Etapas do Refino de Petróleo**. 2009. 163 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

FRUTAS E DERIVADOS. São Paulo: Instituto Brasileiro de Frutas, ano 2, ed. 6, jun. 2007.

GOMES, P. **Fruticultura Brasileira**, 13. ed. São Paulo: Nobel, 2007.

GRIENNAVAR, B. POULOSE, S. M.; JAYAPRAKASHA, G. K.; BHAT, N. G.; PATIL, B. S. Furocoumarins from Grapefruit Juice and their effect on Human CYP3A and CYP1B1 Isoenzymes. **Bioorganic and Medicinal Chemistry**, v. 15, p. 2606-2612, 2006.

GUILHOTO, J. J. M.; AZZONI, C. R.; SILVEIRA, F. G.; ICHIHARA, S. M.; DINIZ, B. P. C.; MOREIRA, G. R. C. **PIB da Agricultura Familiar**: Brasil – Estados. Brasília: NEAD Estudos, 2007.

HADJMOHAMMADI, M. R.; NAZARI, S.; KAMEL, K. Determination of Flavonoid Markers in Honey with SPE and LC Using Experimental Design. **Chromatographia**, v. 69, p. 1291-1297, 2009.

HALL, R. D. Plant Metabolomics: from Holistic Hope, to Hype, to Hot Topic. **New Phytologist**, v. 169, p. 453-468, 2006.

HERBERT, C. G.; JOHNSTONE, R. A. W. **Mass Spectrometry Basics**. Florida: CRC Press, 2003.

HERNÁNDEZ, Y.; LOBO, M. G; GONZÁLEZ, M. Factors Affecting Sample Extraction in the Liquid Chromatographic Determination of Organic Acids in Papaya and Pineapple. **Food Chemistry**, v. 114, p. 734-741, 2009.

HINES, W. W.; MONTGOMERY, D. C.; GOLDSMAN, D. M.; BORROR, C. M. **Probabilidade e Estatística na Engenharia**, 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

HORTIFRUTI BRASIL. Piracicaba: Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - USP/ESALQ, ano 5, n. 53, dez. 2006.

_____, ano 7, n. 75, dez. 2008.

_____, ano 8, n. 85, nov. 2009.

IBRAF. **Instituto Brasileiro de Frutas**. Disponível em: <<http://www.ibraf.org.br/>>. Acesso em: 27 maio 2010.

IKEDA, T.; KANAYA, S.; YONETANI, T.; KOBAYASHI, A.; FUKUSAKI, E. Prediction of Japanese Green Tea Ranking by Fourier Transform Near-infrared Reflectance Spectroscopy. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, p. 9908-9912, 2007.

JAEGER, H.; JANOSITZ, A.; KNORR, D. The Maillard Reaction and its Control During Food Processing. The Pontencial of Emerging Technologies. **Pathologie Biologie**, v. 58, p. 207-213, 2010.

JENNINGS, W.; MITTLEFEHLDT, E. STREMPLE, P. **Analytical Gas Chromatography**. 2nd. ed. California: Academic Press, 1997.

KITSON, F. G.; LARSEN, B. S.; MCEWEN, C. N. **Gas Chromatography and Mass Spectrometry**: A Pratical Guide. California: Academic Press, 1996.

KLEE, H. J. Improving the Flavor of Fresh Fruits: Genomics, Biochemistry, and biotechnology. **New Phytologist**, v. 187, p. 44-56, 2010.

KOPKA, J.; FERNIER, A.; WECKWERTH, W.; GIBON, Y.; STITT, M. Metabolite Profiling in Plant Biology: Platforms and Destinations. **Genome Biology**, v. 5, p. 109.1-109.2, 2004.

LANÇAS, F. M. **Cromatografia em fase gasosa**. São Carlos: Acta, 1993.

LE GALL, G.; PUAUD, M.; COLQUHOUN, I. J. Discrimination between Orange Juice and Pulp Wash by 1H Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy: Identification of Marker Compounds. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 49, p. 580-588, 2001.

LINDON, J. C.; NICHOLSON, J. K.; HOLMES, E. **The Handbook of Metabonomics and Metabolomics: Methods and Protocols**. Amsterdam: Elsevier, 2007.

LORENZI, H.; BACHER, L.; LACERDA, M.; SARTORI, S. **Frutas Brasileiras e Exóticas Cultivadas**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006.

MASTERTON, W. L.; SLOWINSKI, E. J.; STANITSKI, C. L. **Princípios de Química**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1990.

MATEUS, N. B.; BARBIN, D.; CONAGIN, A.; Viabilidade de Uso do Delineamento Composto Central. **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 6, p. 1537-1546, 2001.

MELO, M. L. S.; NARAIN, N.; BORA, P. S. Characterisation of so Nutricional Constituents of Melon (*Cucumi melo* hybrid AF-522) Seeds. **Food Chemistry**, v. 68, p. 411-414, 2000.

MENDONÇA, F. V. S.; MENEZES, J. B.; GUIMARÃES, A. A.; SIMÕES, A. N.; SOUZA, G. L. F. M. Armazenamento de melão amarelo, híbrido RX 20094, sob temperatura ambiente. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.1 p. 76-79, 2004.

MOCO, S.; BINO, R. J.; DE VOS, R. H.; VERVOORT, J. Metabolomics Technologies and Metabolite Identification. **Trends in Analytical Chemistry**, v. 26, p. 855-866, 2007.

MONTEIRO, M. C.; TRUGO, L. C. Determinação de Compostos Bioativos em Amostras Comerciais de Café Torrado. **Química Nova**, v. 28, p. 637-641, 2005.

MONTGOMERY, D. C. **Desing and Analysis of Experiments**. 5th. ed. New York: John Wiley and Sons, 2001.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros**, 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

NUNES, C. S.; BAPTISTA, A. O. Implicações da Reação de Maillard nos Alimentos e nos Sistemas Biológicos. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v. 96, p. 53-59, 2001.

OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Barueri: Manole, 2006.

OMETTO, J. G. S. **A identidade do agronegócio**. Disponível em: <<http://www.jornalhoraonline.com.br/agro/integra.php?id=10843>>. Acesso em: 31 maio 2010.

ORDONEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos**: Componentes dos Alimentos e Processos. v. 1. Porto Alegre: Artmed, 2005.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da Produção**: Operações Industriais e de Serviço. Curitiba: UnicenP, 2007.

PINHEIRO, E. S.; COSTA, J. M. C.; CLEMENTE, E.; MACHADO, P. H. S.; MAIA, G. A. Estabilidade Físico-Química e Mineral do Suco de Uva obtido por Extração a Vapor. **Ciência Agronômica**, v. 40, p. 373-380, 2009.

PONGSUWAN, W.; BAMBA, T.; HARADA, K.; YONETANI, T.; KOBAYASHI, A.; FUKUSAKI, E. High-throughput Technique for Comprehensive Analysis of Japanese Green Tea Quality Assessment Using Ultra-performance Liquid Chromatography with Time-of-flight Mass Spectrometry (UPLC/TOFMS). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, 10705-10708, 2008.

POTTER, N. N.; HOTCHKISS, J. H. **Milk and milk products**. New York: Chapman and Hall, 1995.

RAMOS, P.; BUAINAIN, A. M.; BELIK, W.; REYDON, B. P.; GUEDES, S. N. R.; HOFFMANN, R.; SILVA, J. G.; TAKAGI, M.; ROMEIRO, A. R.; SILVEIRA, J. M. F. J.; BORGES, I. C.; FONSECA, M. G. D. **Dimensões do Agronegócio Brasileiro**: Políticas, Instituições e Perspectivas. Brasília: NEAD Estudos, 2007.

REVISTA DA FIEC. Fortaleza: Federação das Indústrias do Estado do Ceará, ano 3, n. 36, mai. 2010.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de Alimentos**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2007.

RIBEIRO, N. M.; NUNES, C. R. Análise de Pigmentos de Pimentões por Cromatografia em Papel. **Química Nova na Escola**, n. 29, p. 34-37, novembro, 2008.

ROCHA, R. H.; SILVA, E. O.; SALOMÃO, L. C.; VENTRELLA, M. C. Caracterização Morfoanatômica do Melão no Ponto de Colheita. **Revista Brasileira de Fruticultura**, ISSN 0100-2945, 2010.

ROCHA, T. L.; EVARISTO, R. G. S.; SILVA, L. P.; SOUZA, D. S. L.; MARRA, B. M.; COSTA, P. H.; MAGALHÃES, J. C. C.; MATTAR, M. C. S.; GROSSI-DE-SÁ, M. F. **Metabolômica: Aplicações e Perspectivas**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos, 189).

ROCHFORT, S. Metabolomics Reviewed: A New “Omics” Platform Technology for Systems Biology and Implications for Natural Products Research. **Journal of Natural Products**, v. 68, p. 1813-1820, 2005.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. **Planejamento de Experimentos e Otimização de Processos**. Campinas: Casa do Pão, 2005.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. **Planejamento de Experimentos e Otimização de Processos**. 2. ed. Campinas: Cárita, 2009.

SAMUELSSON, L. M.; LARSSON, D. G. J. Contributions from metabolomics to Fish Research. **Molecular BioSystems**, v. 4, p. 974-979.

SANCHO, S. O.; MAIA, G. A.; FIGUEIREDO, R. W.; RODRIGUES, S.; SOUSA, P. H. M. Alterações Químicas e Físico-Químicas no Processamento de Suco de Caju (*Anacardium occidentale* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, p. 878-882, 2007.

SEAGRI. Secretaria de Agricultura e Pecuária. **Frutas na Alimentação**. Disponível em: <http://www.seagri.ce.gov.br/siga/frutas_na_alimentacao.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2010a.

SEAGRI. Secretaria de Agricultura e Pecuária. **Fruticultura Irrigada Grande Potencial do Ceará**. Disponível em: <http://www.seagri.ce.gov.br/siga/fruticultura_irrigada_gde_potencial_ceara.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2010b.

SHAREEF, A.; ANGOVE, M. J.; WELLS, J. D. Optimization of Silylation using *N*-methyl-*N*-(trimethylsilyl)-trifluoroacetamide, *N,O*-bis-(trimethylsilyl)-trifluoroacetamide and *N*-(tert-butyltrimethylsilyl)-*N*-methyltrifluoroacetamide for the Determination of the Estrogens Estrone and 17 α -ethinylestradiol by Gas Chromatography–Mass Spectrometry. **Journal of Chromatography A**, v. 1108, p. 121-128, 2006.

SHARMA, H. K.; KAUR, J.; SARKAR, B. C.; SINGH, C.; SINGH, B. Effect of Pretreatment Conditions on Physicochemical Parameters of Carrot Juice. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 44, p. 1-9, 2009.

SILVA, J. A. **Tópicos da Tecnologia de Alimentos**. São Paulo: Varela, 2000.

SINGH, B.; PANESAR, P. S.; NANDA, V.; KENNEDY, J. F. Optimisation of Osmotic Dehydration Process of Carrot Cubes in Mixtures of Sucrose and Sodium Chloride Solutions. **Food Chemistry**, v. 123, p. 590-600, 2010.

SOARES, L. M. V. Como obter resultados confiáveis em cromatografia. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 60, p. 79-84, 2001.

SOUZA, P. M. **Estudo Comparativo da Pasteurização de Leite pelo Método Convencional e por Microondas**. 2007. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

SOUZA FILHO, M. S. M.; LIMA, J. R.; SOUZA, A. C. R.; SOUZA NETO, M. A.; COSTA, M. C. Efeito do Branqueamento, Processo Osmótico, Tratamento Térmico e Armazenamento na Estabilidade da Vitamina C de Pedúnculos de Caju Processados por Métodos Combinados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n. 2, p. 211-213, 1999.

TARACHIWIN, L.; UTE, K.; KOBAYASHI, A.; FUKUSAKII, E. H-1NMR based metabolic profiling in the evaluation of Japanese green tea quality. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, p. 9330-9336, 2007.

TREVISAN, M. G.; POPPI, R. J. Química Analítica de Processos. **Química Nova**. v. 29, n. 5, p. 1065-1071, 2006.

UCHIMURA, M. S. **Preservação de Sucos de Frutas**. Curitiba: Instituto de Tecnologia do Paraná 2006 (Instituto de Tecnologia do Paraná, Resposta Técnica).

VAUTZ, W.; ZIMMERMANN, D.; HARTMANN, M.; BAUMBACH, J. I.; NOLTE, J.; JUNG, J. Ion mobility spectrometry for food quality and safety. **Food Additives and Contaminants**, v. 23, p. 1064 -1073, 2006.

VRANOVÁ, J.; CIESAROVÁ, Z. Furan in Food – a Review. **Czech Journal of Food Sciences**, v. 27, p. 1-10, 2009.

WANI, A. A.; KAUR, D.; AHMED, I.; SOGI, D. S. Extration Optmization of Watermelon Seed Protein Using Response Surface Methodology. **LWT**, v. 41, p. 1514-1520, 2008.

WECKWERTH, W. **Metabolomics: Methods and Protocols**. Totowa: Humana Press, 2007.

WISHART, D. S. Metabolomics: Applications to Food Science and Nutrition Research. **Trends in Food Science & Technology**, v. 19, p. 482-493, 2008.

YAYLAYAN, V. A. Precursors, Formation and Determination of Furan in Food. **Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit**, v.1, p. 5-9, 2006.

APÊNDICE

RESULTADOS COMPLEMENTARES

Os resultados obtidos através da análise dos cromatogramas encontram-se dispostos na Tabela 11.

Tabela 11. Áreas integralizadas dos picos resultantes do estudo com suco de melão

Picos	TR (min)	TT0 _{Área}	TT1 _{Área}	TT2 _{Área}	TT3 _{Área}	TT4 _{Área}	TT5 _{Área}	TT6 _{Área}	TT7 _{Área}	TT8 _{Área}	TT9 _{Área}	TT10 _{Área}	TT11 _{Área}
1	12,66	-	-	-	-	-	-	-	-	2943650	-	-	-
2	12,85	-	-	-	-	-	-	-	-	722042	-	-	-
3	13,06	-	646286	-	-	478985	-	448959	-	584774	-	-	-
4	13,90	4106259	2631406	2807339	1897721	9844206	2030023	5105472	1505243	9209107	2453005	2340313	2203838
5	14,02	937605	9931441	7270567	20264516	1413451	10638215	3454642	19760175	1536369	9412001	16601660	16150418
6	14,74	263463	444715	321020	262217	465680	335770	495021	258125	613469	393891	297444	276669
7	16,27	1405591	623655	1306974	914833	5278736	566608	2142819	-	3806690	2555835	1136479	1035740
8	17,56	162415	369174	262034	360645	274162	345389	345964	322273	318032	371325	357680	374075
9	19,17	-	-	-	-	-	-	-	-	294486	-	-	-
10	19,44	437570	1132623	896700	1185044	810049	992125	1185597	1090151	1314124	1127306	1028913	1185119
11	19,77	943905	-	-	-	2938799	-	1020579	-	2070599	-	-	-
12	20,98	-	-	-	-	-	-	-	-	502888	-	-	-
13	21,16	1219270	678368	1156993	552145	4820357	-	2282721	-	4423542	2790477	819303	865098
14	22,25	-	-	-	-	-	-	-	-	178472	-	-	-
15	22,35	395271	889180	741705	908156	687835	702785	855856	873159	807843	901285	788670	837279
16	22,93	-	-	-	260319	-	-	-	-	-	-	-	-
17	23,41	-	223060	215000	239545	170679	209851	245340	212855	2029028	215677	243128	223245
18	23,53	5786488	6242767	6883034	5715000	12121079	4599247	10238324	5025730	12204331	6057820	6682807	3780516
19	23,80	443840	256134	215518	742699	-	214769	-	443880	-	294819,5	299848	289791
20	24,24	833677	730853	789807	627745	1400144	495680	1125063	615468	1247693	1128131	665708	740625
21	24,55	-	-	-	-	317934	-	251161	-	293685	188996	202956	195976
22	26,10	-	-	-	-	248169	-	-	-	-	-	-	-
23	26,30	589174	536386	592027	441395	1238812	371757	980370	422887	1415020	970477	515337	543135
24	26,52	-	343815	246325	388902	557359	321560	280291	319089	689575	352209	415340	339840
25	27,23	232022	-	-	-	325469	-	197450	-	268523	-	-	-
26	27,45	-	-	558824	-	177224	-	621857	412328	1001612	842244	306179	574211,5
27	27,67	-	-	478428	-	446469	-	917782	-	2182861	-	-	-
28	27,92	-	-	247687	156144	424765	-	404914	-	552250	387318	214304	300811
29	27,97	-	-	364542	287756	638758	130316	482294	-	803071	411003	284892	452974
30	28,24	-	184306	603509	-	1248441	-	929591	-	2649182	320271	483958	498222
31	28,74	2794097	3246368	4521109	3593136	8811239	2764658	5968436	1752838	5256882	5262643	3410151	4679251
32	30,20	-	199227	180600	185922	327342	-	295505	188879	448286	238213	214094	183211
33	30,44	-	-	-	-	-	-	-	-	151768	-	-	-
34	30,54	260109	694327	593082	697071	517330	569886	697000	666252	847098	723107	701794	623725

35	31,12	726978	1043972	996219	635177	1258001	455813	1021986	1611607	2691262	1037077	806929	450148
36	31,86	2657327	3144775	3117481	2357695	5420723	1941809	4287074	2633427	6378074	4007123	2715586	2849902
37	32,57	3805524	5797111	6581737	5103216	12553262	3766163	10559291	3574924	10436643	8029613	5193717	5950394
38	32,87	-	-	-	-	326238	-	-	-	-	-	-	-
39	33,23	2148024	3009668	3231137	2208356	5464122	1925329	4610940	2253114	5472667	4470198	2653027	2903801
40	33,86	-	-	-	-	397701	-	855464	-	2037604	799630	1209347	1004488,5
41	34,20	7123620	15708877	15379389	7724320	20573540	7228678	26326450	14848489	32429531	22485767	10909209	11396746
42	34,46	3657718	4355002	4962518	2679681	12996953	2326917	9184596	3400651	15478613	9574213	3912041	4222386
43	35,04	464532	-	-	96813	660432	-	460400	-	541100	266745	240168	120943
44	35,15	312764	300719	371371	-	759475	189826	373062	-	678982	316168	216700	225178
45	35,23	-	-	-	-	110371	-	-	-	135843	-	-	-
46	35,44	-	-	-	-	585954	-	-	-	782239	514259	417940	466099,5
47	35,59	1144655	1323435	1408463	1022943	2627295	769148	2145801	1131699	3058540	1860434	1208685	1253630
48	36,36	9287826	13151489	13772513	10110713	23353074	8647033	21050948	8671387	23196543	18887297	11973524	13855715
49	37,30	20239763	13273704	14578089	9460902	50338737	9158642	21530811	8747843	43106263	25184211	12519950	12600648
50	37,59	8706972	10651296	8131830	6134073	11783108	5390896	10875489	6730428	13243605	7914169	7111078	7542693
51	37,69	-	-	-	-	6952621	-	-	-	6908801	-	-	-
52	37,85	3396093	4691791	2599417	2003318	4646148	1929484	2765373	2409443	5703370	2648821	2664605	2191080
53	37,93	2192016	4850967	2076413	1942896	5809740	1627249	2582646	1883514	7926515	2233276	2044272	2327056
54	38,25	5757703	6654507	1179263	483610	12906560	382664	2492485	844963	13719167	2061238	808467	784900
55	38,41	19863426	27806227	22315967	17700444	45077996	13897904	32633871	20023376	41509017	25553329	19417768	23598239
56	38,59	15273742	27377922	23057128	22347106	31176450	15864678	29387534	21928429	29293183	19918823	20805531	28848894
57	38,76	6413054	11370119	8725313	8641192	14317880	5860271	12071111	7902408	13069376	7270751	7755554	10965065
58	38,94	79858202	102096517	97057025	69331825	182155864	58009587	155176650	83202410	204696943	131668307	80314199	89792730
59	39,23	60749064	75590051	73150500	50954927	137616685	42730206	115936593	62434279	167380307	100321844	58661283	65523425
60	39,44	-	720781	-	-	1120091	-	-	-	-	-	-	-
61	39,75	-	-	-	-	444654	-	334503	-	527650	-	-	-
62	39,86	-	-	-	-	636497	-	438730	-	329782	-	-	-
63	40,41	609631	946829	969507	495764	1565279	844222	1304284	593291	2410904	1437521	643272	715309
64	40,63	891928	-	-	-	3642587	-	701192	-	2337297	-	-	-
65	40,82	2526947	454477	1344993	700085	11298847	-	2144344	316423	5552134	607039	526802	359426
66	40,99	738129	1072492	-	838706	-	-	-	631380	3735214	1557872	1115428	992954
67	41,05	368821	-	-	-	1762743	-	574918	-	-	-	-	-
68	41,12	2644983	3366333	3328000	3531115	5454992	1601184	5513839	3316253	5161083	3564161	2928520	3697621
69	41,25	3861333	6036281	5574847	5300635	10037421	4115304	7605681	5509602	8690784	6130378	6409335	5234082
70	41,38	2515062	5660326	4994502	4633839	5993240	3996399	6288844	5042630	6349054	5170747	5951722	4693091
71	41,49	8488421	9795537	9661822	7131829	19859909	6205831	15184660	8222250	17742323	14504526	9351540	8499067
72	41,58	1013986	2057840	1839801	1842993	2466177	1171087	2304179	1817694	2700920	1949937	1936937	1937936
73	41,66	1685636	2687030	2476121	2779246	4009955	1647759	3559705	2454305	2824950	2748308	2339621	3214061
74	41,72	-	815700	-	-	-	-	1065354	-	-	-	-	-
75	41,78	1007145	1828331	1778795	1805982	2109673	1332788	1587476	1804215	2892260	2427218	1442670	1721512
76	41,83	435207	-	395132	777338	1460080	274118	814354	613665	836268	-	-	-
77	41,97	-	659852	345193	691264	1425492	-	977563	683908	1240132	586763	205063	553188
78	42,10	243551	608249	263932	488185	895970	-	852231	538169	695383	346246	335254	613468
79	42,21	11625022	13785447	12592624	9894564	28582181	8106906	21047188	11711398	24955145	19907675	12279450	13029773
80	42,39	-	505775	-	498406	890780	266754	984632	696391	1191327	609536	499640	541179

81	42,56	1232497	1264542	1034374	960699	3501771	531845	1866022	1083022	2926121	1585656	902950	1248322
82	42,68	6742334	7516221	7324213	5153131	16345567	4500202	11594085	6392147	14259533	11073352	6927365	6843315
83	44,24	52381508	60201036	63516363	45803705	119903778	37082202	95375510	52348508	125462586	85342084	56822530	59218554
84	44,48	-	506360	678106	-	221536	462443	1172497	-	1518855	891177	179633	535405
85	45,23	754137	-	-	-	3084016	-	-	-	1449728	-	-	-
86	54,91	-	-	-	-	-	-	-	-	47215	-	-	-
87	54,97	-	-	-	-	-	-	-	-	159017	-	-	-
88	55,24	-	-	-	-	442547	-	378665	-	214775	-	-	-
89	55,31	-	-	-	-	-	-	-	-	206797	-	-	-
90	55,41	-	-	-	-	-	-	367183	-	-	-	-	-
91	55,48	-	-	-	-	-	-	-	-	1051030	-	-	-
92	55,55	-	-	-	-	868797	-	1979764	-	-	-	-	-
93	55,68	361677	-	-	-	525975	-	-	-	410843	-	-	-
94	55,77	-	-	-	-	646607	-	1780943	-	1034037	-	-	-
95	55,82	-	-	-	-	284479	-	-	-	-	-	-	-
96	55,88	-	-	101033	-	759109	-	2068392	-	-	-	-	-
97	55,98	-	-	113051	-	1502679	-	-	-	1109673	-	-	-
98	56,12	-	-	-	-	1689664	-	2109980	-	233665	-	-	-
99	58,12	-	-	-	-	-	667852	-	-	-	-	-	-
100	58,29	9622310	11266705	10821212	7474898	20131417	6029225	18067965	9138344	30128382	15150599	10797557	10491830
101	58,78	-	-	-	-	-	-	-	-	5430898	-	-	-

TR – Tempo de Retenção; TT – Tratamento Térmico