

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE**  
**PRODUÇÃO**

**DANIELA KHARFAN**

**PROPOSTA DE MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DO PROCESSO**  
**DE EXTRAÇÃO DE SUCOS CÍTRICOS**

**SÃO CARLOS - SP**

**2011**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE**  
**PRODUÇÃO**

**DANIELA KHARFAN**

**PROPOSTA DE MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DO PROCESSO**  
**DE EXTRAÇÃO DE SUCOS CÍTRICOS**

**Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.**

**Orientador: Prof. Dr. José Carlos de Toledo**

**SÃO CARLOS - SP**

**2011**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

K45pm

Kharfan, Daniela.

Proposta de método para avaliação do processo de extração de sucos cítricos / Daniela Kharfan. -- São Carlos : UFSCar, 2012.

95 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2011.

1. Engenharia de produção. 2. Citricultura brasileira. 3. Indústria. 4. Desempenho técnico. 5. Método. I. Título.

CDD: 658.5 (20<sup>a</sup>)

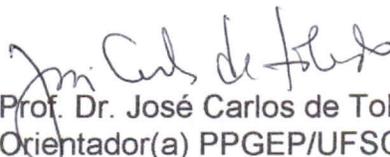


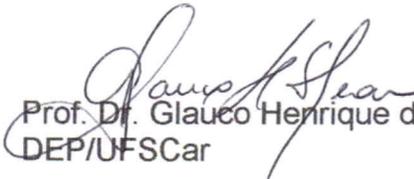
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
Rod. Washington Luís, Km. 235 - CEP. 13565-905 - São Carlos - SP - Brasil  
Fone/Fax: (016) 3351-8236 / 3351-8237 / 3351-8238 (ramal: 232)  
Email : ppgep@dep.ufscar.br

## FOLHA DE APROVAÇÃO

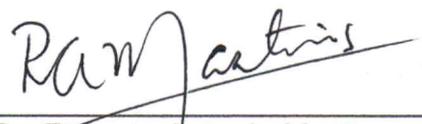
Aluno(a): Daniela Kharfan

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DEFENDIDA E APROVADA EM 30/08/2011 PELA  
COMISSÃO JULGADORA:

  
Prof. Dr. José Carlos de Toledo  
Orientador(a) PPGE/UFSCar

  
Prof. Dr. Glauco Henrique de Sousa Mendes  
DEP/UFSCar

  
Prof. Dr. Roger Darros Barbosa  
IBILCE/UNESP

  
Prof. Dr. Roberto Antonio Martins  
Coordenador do PPGE

*“A imaginação é mais importante que o conhecimento.  
Conhecimento auxilia por fora, mas só o amor socorre por dentro.  
Conhecimento vem, mas a sabedoria tarda”.*

***Albert Einstein***

*Dedico este trabalho à minha querida família que sempre me apoiou em todas as minhas decisões e em todos os desafios de minha vida: aos meus pais (Maria Salete e Mohamad), aos meus irmãos (Patrícia, Débora, Samir e Selma), aos “agregados” (Marcos, Adalberto, Fred e Regina), aos meus adoráveis e amados sobrinhos (Giovana, Laura, Lucas, Mariana e Leonardo) e ao meu grande companheiro de todas as horas, Luis Carlos, que também faz parte desta família.*

*A todos aqueles que direta ou indiretamente, que com seu trabalho, estudos e pesquisas, participaram e continuam contribuindo para o desenvolvimento da citricultura no Brasil e no mundo.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida, pela saúde e pela capacidade em trabalhar e poder contribuir com o meu pouco para o todo de nossa humanidade!

À paciência, à confiança e ao amor de meus pais e meus familiares, pois sem este “porto seguro” tudo seria mais difícil.

Aos meus amigos pessoais, próximos e distantes, antigos e recentes, os “quase parentes”, que fazem minha vida mais alegre e feliz.

Ao meu orientador José Carlos de Toledo, uma pessoa muito especial, pelo direcionamento preciso, pela paciência e amizade que lhe são peculiares.

Aos meus colegas do GEPEQ, André Bonnet, Sabrina Di Salvo e Mazé Taconelli pela amizade, orientações e estímulo para a conclusão deste trabalho.

Aos professores e funcionários da Pós-Graduação da UFSCar, pela qualidade do ensino e pela atenção com seus alunos.

Agradeço a todos com quem trabalhei nas empresas de suco: Bascitrus Agro Indústria, que foi minha escola de vida profissional e Citrovita Agro Industrial onde descobri que realmente nasci para a área de Pesquisa & Desenvolvimento.

Agradeço a todas as indústrias de suco que hoje são meus clientes, os quais respeito, admiro e aprendo muito com o jeito particular e único que cada um tem de trabalhar e avançar nas melhorias deste segmento.

E por fim, um agradecimento mais que especial à empresa JBT FoodTech (antiga FMC), onde trabalho desde 2004, que me proporcionou a oportunidade de me dedicar ao Mestrado e por ser fundamental na execução deste trabalho. O meu muito obrigado ao Paulo Barros, Beto Amador, Vania Rocha e à equipe da Planta Piloto.

## RESUMO

A cadeia citrícola, ao longo de quase um século de existência no Brasil, tem se mostrado uma das mais importantes no agronegócio, visto que o Brasil é o maior produtor mundial de laranjas e o maior exportador de suco cítrico com quase 90% das exportações mundiais. É, sem dúvida, um dos setores mais importantes da economia brasileira, responsável por uma parcela generosa das exportações do agronegócio (cerca de US\$ 1,5 bilhões / ano) e um dos motores da economia da região centro do Estado de São Paulo.

Ao longo deste período, muitas mudanças ocorreram e continuam acontecendo no cenário nacional e internacional, e no século XXI as mudanças têm se tornado mais rápidas e intensas: grandes oscilações nos preços da fruta e do suco de laranja, influência da variação cambial e da crise econômica de 2008, influência das condições climáticas e incidência de novas doenças, além de variações na demanda no que se refere ao volume e tipo de produto (advento do *NFC – Not From Concentrate* ou suco integral).

Nesta cadeia, a indústria de processamento dos cítricos tem papel fundamental no avanço das fronteiras, colocando o produto brasileiro nos cinco continentes, alavancando as exportações com quase um milhão e trezentas mil toneladas de suco exportado anualmente.

Para garantir a competitividade no negócio, as indústrias têm buscado melhorias contínuas nos seus processos, equipamentos, técnicas de gestão e também nos padrões de qualidade dos seus produtos, a fim de atender às exigências do mercado consumidor que tem se tornado, a cada ano, mais criterioso e exigente.

A fim de atender estes novos parâmetros, há, também, uma necessidade de melhoria contínua e adequação das técnicas de Pesquisa e Desenvolvimento para os equipamentos aplicados na indústria. A realização de testes de desempenho dos equipamentos de extração de sucos cítricos é de fundamental importância na avaliação da eficiência do processo produtivo, definição de investimentos, atendimento aos padrões de qualidade dos clientes, representando um ponto que causa impacto nas decisões estratégicas das empresas.

Nesse sentido, esta dissertação de mestrado tem como objetivo a proposição de um método para a avaliação técnica-econômica da etapa de extração de sucos cítricos. O objeto de estudo, inserido na cadeia de produção de sucos cítricos, é o processo de extração de sucos. Para a realização deste trabalho, foi feita uma revisão bibliográfica e um estudo de caso no segmento de processamento de sucos cítricos.

A abordagem de pesquisa utilizada é a qualitativa e quantitativa, com a utilização de dados já existentes da literatura e dados de estudos práticos realizados neste setor.

Espera-se com este trabalho a estruturação e proposição de um método para o processo de realização de testes comparativos de extração de suco cítrico e a avaliação do desempenho deste sistema de extração, de forma que considere o maior número de variáveis do processo e garanta a obtenção de dados necessários e suficientes para tomadas de decisão.

Como uma contribuição acadêmica, espera-se que o trabalho proposto traga um exemplo prático de melhoria no segmento de equipamentos para a indústria de alimentos por meio do uso de técnicas de experimentação e análise de dados em uma situação específica de extração de suco, cujos resultados são utilizados para acompanhamento de seus processos produtivos, monitoramento e aprimoramento de desempenho e tomada de decisão de modificações e investimentos.

**Palavras-chaves:** Citricultura; Extração de sucos cítricos; Método para avaliação da operação; Desempenho técnico-econômico.

## ABSTRACT

For almost one century, citrus chain has been one of the most important agribusiness for Brazil. Brazil is the largest world orange producer and the largest orange juice exporter, responsible for almost 90% of the worldwide orange juice exportations. Doubtless one of the most important Brazilian sectors, citrus is responsible for a huge percentage of the agribusiness exportations (around USD 1,5billion/year) and one of the economy motors of the central regions of the State of São Paulo.

Over this period, many changes occurred and are still going on into the national and international scenarios. Also, in the XXI century changes have being happened more quick and intense: great fruit and orange juice price oscillations, influence of exchange variation, the 2008 economical crisis, influence of climate conditions and incidence of new diseases, besides demand variations regarding volume and type of product (advent of NFC – Not From Concentrate or single strength juice).

Citrus processing industry represents a fundamental key role in the whole chain, to achieve new frontiers, putting the Brazilian product into the 5 continents, leveraging exportations to almost 1,300 k/tons of juice exported annually.

To guarantee competitiveness in the business, processors have searched continuous improvement on processes, equipment, management techniques as well as quality standards of their products, in order to meet the demands of the market that, year by year, have become more discerning and demanding.

There is also the need of continuous improvement and adjustment of the Research & Development techniques for equipment applied to industry, to attend the new parameters. Performance tests of citrus juice equipment are totally important to: evaluate productive process efficiency, investment definition, meet customer's standards and represent a point that impacts the strategic corporate decisions.

The purpose of this master's degree dissertation is to propose a method for evaluating the technical-economic stage of citrus juice extraction. The study aims the juice extraction process introduced in the citrus juice extraction chain. For this, it was performed a review of literature and a case study in the segment of citrus juice processing. The research approach used is qualitative and quantitative, using already existent data, from empirical studies conducted in the sector.

This work aims to structure and propose a method for the process of citrus juice comparative tests, and the performance evaluation of the extraction system, considering

the higher number of variables and ensuring all necessary and sufficient data for decision-making.

As academic contribution, this work aims to bring an empirical example improvement of food industry equipment, using experimental techniques and data analysis in a specific juice extraction situation, whose results are used for tracking their productive processes, monitoring and improving performance and decision-making regarding changes and investments.

**Key-words:** Citrus; Citrus juice extraction; Method to evaluate operation; Techno-economic performance.

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1.1** Esquema conceitual do desenvolvimento da pesquisa.
- FIGURA 2.1** Exportações Brasileiras de FCOJ em toneladas por safra.
- FIGURA 2.2** Exportações Brasileiras de NFC em toneladas por safra.
- FIGURA 2.3** Cadeia citrícola – principais atores.
- FIGURA 2.4** Fluxograma genérico do processamento de citros.
- FIGURA 2.5** Princípio de Extração FMC (JBT).
- FIGURA 2.6** Frações obtidas na extratora FMC (JBT).
- FIGURA 2.7** Princípio de Extração Brown.
- FIGURA 3.1** Indicadores de Desempenho.
- FIGURA 3.2** Melhoria revolucionária (radical) e melhoria contínua (incremental).
- FIGURA 4.1** Estrutura geral para definição do método proposto.
- FIGURA 4.2** Público-alvo do método.
- FIGURA 4.3** Entradas e Saídas do processo de extração de sucos cítricos.
- FIGURA 4.4** *Trade-off* entre Rendimento de extração e Qualidade do suco.
- FIGURA 4.5** Rendimento de Extração vs Limonina.
- FIGURA 4.6** Produtos e subprodutos gerados a partir da extração.
- FIGURA 4.7** Etapas ou fases do método proposto.
- FIGURA 4.8** Variáveis da realização de testes de extração de suco.
- FIGURA 4.9** Gráfico de Dispersão Rendimento vs Qualidade.
- FIGURA 5.1** Gráfico de Dispersão Suco Pós-Extratora (%) vs % Óleo no suco.
- FIGURA 5.2** Gráfico de Dispersão Suco Pós-Extratora (%) vs % Limonina (PPM).

## LISTA DE QUADROS

- QUADRO 1.1** Abordagens e métodos de pesquisa.
- QUADRO 2.1** Variedades principais do Estado de São Paulo.
- QUADRO 2.2** Principais doenças dos citros.
- QUADRO 2.3** Características dos atores da cadeia citrícola.
- QUADRO 2.4** Principais entidades do setor cítrico.
- QUADRO 2.5** Subprodutos do processamento de citros.
- QUADRO 2.6** Etapas do processamento de citros.
- QUADRO 3.1** Termos e definições de parâmetros de desempenho.
- QUADRO 3.2** Dimensões e Parâmetros da Qualidade.
- QUADRO 3.3** Nomenclatura utilizada no processamento da indústria cítrica.
- QUADRO 3.4** Características do suco de laranja.
- QUADRO 3.5** Parâmetros de qualidade do suco de laranja.
- QUADRO 4.1** Características do método proposto.
- QUADRO 4.2** Variáveis consideradas no método para avaliação do processo de extração de sucos cítricos.
- QUADRO 4.3** Atividades, controles e ferramentas do método.
- QUADRO 4.4** Atividades da Etapa 1: Planejamento da avaliação do processo de extração.
- QUADRO 4.5** Atividades da Etapa 2: Realização das atividades de avaliação do processo de extração.
- QUADRO 4.6** Atividades da Etapa 3: Análise de dados e resultados.
- QUADRO 4.7** Aplicabilidade e interpretação do gráfico rendimento x qualidade.
- QUADRO 4.8** Atividades da Etapa 4: Tomada de decisão e ações gerenciais.

## **LISTA DE TABELAS**

**TABELA 5.1** Número de testes por variedade de fruta.

## SIGLAS E TERMINOLOGIAS

ABECITRUS	Associação Brasileira dos Exportadores de Citros.
CitrusBR	Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos.
FUNDECITRUS	Fundo de Defesa da Citricultura.
ASSOCITRUS	Associação Brasileira de Citricultores.
CENTRO APTA CITROS	Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Citros Sylvio Moreira.
FCOJ	<i>Frozen Concentrate Orange Juice</i> (Suco de Laranja Concentrado e Congelado).
NFC	<i>Not From Concentrate</i> (Suco de Laranja Natural, não reconstituído).
HLB	<i>Huanglongbing</i> .
Caixa de laranja	27 kg é a caixa-peso para o mercado de fruta fresca 40,8 kg é a caixa-padrão para a indústria
HACCP	<i>Hazard Analysis Critical Control Points</i> .
GMP	<i>Good Manufacturing Practices</i> .
CIP	<i>Clean In Place</i> .
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i> (Eficiência Global do Equipamento).
TEEP	<i>Total Effectiveness Equipment Performance</i> (Produtividade Efetiva Total dos Equipamentos).
MTBF	<i>Mean Time Between Failure</i> (Tempo Médio entre Falhas).

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>18</b>
1.1 Contexto e justificativa.....	18
1.2 Objetivos da pesquisa.....	20
1.3 Método de pesquisa.....	21
1.4 Contribuições do trabalho.....	23
1.5 Estrutura geral da dissertação.....	24
<b>2. CADEIA DE PRODUÇÃO DE SUCOS CÍTRICOS.....</b>	<b>25</b>
2.1 Caracterização geral da citricultura brasileira.....	25
2.1.1 História e características da laranja.....	25
2.1.2 Panorama da citricultura no Brasil.....	27
2.2 A cadeia de suprimentos do agronegócio citrícola.....	30
2.3 A indústria de suco cítrico no Brasil.....	32
2.3.1 O processamento cítrico.....	33
2.3.2 A etapa de extração.....	38
2.4 Melhoria contínua no processamento de sucos cítricos.....	42
<b>3. DESEMPENHO DE PRODUTOS E PROCESSOS.....</b>	<b>44</b>
3.1 Melhoria contínua.....	44
3.2 Desempenho de produto e processo.....	46
3.3 Indicadores de desempenho do processamento de sucos cítricos.....	51
3.3.1 Parâmetros de rendimento e eficiência industrial.....	51
3.3.2 Parâmetros de qualidade do suco de laranja.....	52
3.4 Avaliação de desempenho.....	54
<b>4. MÉTODO PROPOSTO PARA AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE EXTRAÇÃO DE SUCOS CÍTRICOS.....</b>	<b>57</b>
4.1 Método de pesquisa.....	57
4.2 Considerações iniciais e contextualização para elaboração do método proposto.....	58
4.2.1 Considerações relativas a método.....	58
4.2.2 Contextualização do processo de extração.....	61

4.2.3 Identificação das variáveis do método .....	65
4.3 Apresentação do método.....	67
4.3.1 Detalhamento das atividades do método.....	69
<b>5. ILUSTRAÇÃO DE APLICAÇÃO DO MÉTODO.....</b>	<b>77</b>
<b>6. DISCUSSÕES E CONCLUSÕES.....</b>	<b>88</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>90</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>93</b>

## **1. INTRODUÇÃO**

A melhoria e inovação contínua de produtos e processos são fatores críticos de sucesso para todas as indústrias, em razão das constantes transformações e mudanças nas áreas de tecnologia, do comportamento, da sustentabilidade e da responsabilidade social.

O diferencial competitivo de uma empresa não pode mais ser atribuído somente à qualidade do produto, como tradicionalmente se considerava (GARVIN, 1992), pois atualmente as organizações vêm experimentando outras preocupações relativas a mudanças da percepção de valor atribuído pelos clientes (SUPANVANIJ; AMINE, 2000). Desta forma, o ganho econômico direto não é a única razão para a busca da melhoria contínua de produtos e processos, com consequência imediata na eficiência da organização. É necessário um amplo conjunto de medidas que demonstrem a eficiência e a eficácia dos produtos e processos.

Especificamente no segmento de extração de citros, os indicadores de desempenho tradicionalmente considerados, tais como os índices de produtividade e da qualidade, não são mais suficientes para avaliar o desempenho dos produtos e processos. Ou seja, com as constantes mudanças no cenário mundial e nas características dos produtos e mercados, faz-se necessário identificar um conjunto de parâmetros e índices para possibilitar a avaliação adequada do impacto das ações de melhorias.

Essa é uma reflexão específica da gestão da qualidade, pois a avaliação de desempenho e a melhoria contínua devem ser cada vez mais abrangentes em relação aos resultados e cada vez mais estratégicas para as empresas e para as organizações em geral. São estes aspectos, concernentes ao setor de processamento de citros, que são tratados neste trabalho.

### **1.1 Contexto e justificativa**

O Brasil produz a metade do suco de laranja do mundo, cujas exportações trazem de US\$ 1,5 bilhão a US\$ 2,5 bilhões por ano ao país, movimentando centenas de empresas diretamente ligadas ao setor, milhares de propriedades rurais, gerando mais de 200 mil empregos diretos e indiretos nos quase 400 municípios paulistas que se dedicam ao cultivo da laranja. Em todo o Brasil são mais de 3.000 municípios onde a cultura está presente (NEVES, 2010).

Na safra 2009/2010, a produção brasileira foi de 397 milhões de caixas de laranja, sendo que em 2009 as exportações do complexo citros somaram 1,129 milhão de toneladas de suco concentrado (FCOJ – *Frozen Concentrate Orange Juice*), 939 mil toneladas (equivalentes ao concentrado) de suco não concentrado (NFC – *Not From Concentrate*) e 851 mil toneladas de subprodutos.

Em geral, tem-se que cerca de 20% a 30% da produção de laranja é destinada ao mercado de fruta fresca e cerca de 70% a 80% destina-se ao processamento (BOTEON; NEVES, 2005). Neves et al. (2007) relatam que em 2003 a indústria de suco de laranja consumiu 230 milhões de caixas, sendo que 82% da produção paulista de laranjas foi destinada ao processamento.

No processamento industrial de frutos cítricos pode-se dizer que a etapa de extração do suco contido na fruta é o ponto mais crítico. Tratando-se de uma operação de grande importância no que diz respeito aos parâmetros de rendimento e eficiência industrial e também de qualidade do produto, tem-se como uma prática comum neste segmento a realização de ensaios ou testes comparativos entre alternativas de extratoras e entre diferentes configurações ou ajustes da máquina.

Estes testes comparativos são realizados com objetivos variados, cujos resultados são utilizados para:

- Desenvolvimento de novos produtos para mercados específicos;
- Desenvolvimento de regulagens / ajustes (“*settings*”) de equipamentos;
- Comparação entre tecnologias de extração;
- Inspeção e caracterização da fruta processada;
- Controle e acompanhamento de processos produtivos;
- Melhoria dos processos produtivos;
- Aumento da disponibilidade da máquina e redução de custo, onde for aplicável.

É um fator crítico de sucesso para as empresas deste setor, ter uma sistemática para planejar e executar os testes, ou seja, um procedimento consistente, pois as empresas buscam melhorar os seus processos continuamente, com dados cada vez mais confiáveis, assim como aperfeiçoar a operacionalização para ganhar em praticidade e custo.

As empresas que atuam neste setor utilizam a prática de testes de extração de suco para avaliação da fruta processada, para análises comparativas entre unidades fabris e para levantamento de dados para tomadas de decisão. Entretanto, não há um procedimento ou

método padronizado, reconhecido por todos os atores, para este processo de avaliação de desempenho dos equipamentos de extração de suco.

Desta forma, é necessário e útil propor um método para a avaliação de desempenho da etapa de extração, contemplando os elementos referentes ao rendimento de extração de suco e parâmetros de qualidade dos produtos obtidos. Para isso foram exploradas as variáveis do processo de extração de suco cítrico e os elementos que devem ser considerados na avaliação de desempenho desta operação.

## **1.2 Objetivos da pesquisa**

Esta dissertação tem por objetivo geral propor um método para avaliação, do ponto de vista técnico-econômico, do processo de extração de suco cítrico, etapa principal das indústrias de processamento de citros. Para a elaboração deste método foram consideradas as variáveis relevantes deste processo, relacionadas ao rendimento de extração propriamente dito e aspectos relacionados à qualidade do suco produzido.

Para alcançar o objetivo geral, um desdobramento em objetivos secundários é considerado neste trabalho, a fim de obter uma base consistente de informações que sustentem o objetivo geral. São considerados como objetivos secundários ou específicos:

1. Identificar as variáveis que são utilizadas pelas indústrias para avaliação do rendimento industrial e qualidade dos produtos;
2. Identificar fatores relevantes na execução dos testes comparativos e propor alguns parâmetros, tais como o peso das amostras, o número de repetições utilizadas nos testes comparativos, o número mínimo de ensaios comparativos que devem ser realizados para cada investigação em particular, de forma que haja confiabilidade e consistência nos resultados obtidos;
3. Buscar a compreensão do efeito da variedade e de outras características da fruta nos resultados obtidos;
4. Aplicar o método proposto em situações reais e avaliar a sua estruturação;
5. Fazer os ajustes e propor um método geral sujeito a adequações conforme a aplicação e necessidade.

Espera-se que com este grupo de objetivos secundários, a conceituação do método seja consistente e abrangente.

### 1.3 Método de pesquisa

Em Marconi e Lakatos (1995) pesquisa é conceituada como uma atividade formal, sequenciada, com método de pensamento reflexivo e que requer um tratamento científico, sendo um caminho para a busca de novas verdades ou conhecer melhor a realidade. Assim, o desenvolvimento de um projeto de pesquisa compreende alguns passos, e um deles é a seleção de métodos e técnicas, ou seja, a definição de quais os meios, a maneira sistemática que será utilizada para se alcançar o objetivo desejado.

Amaratunga et al. (2002) descrevem que a pesquisa é um processo investigativo, sistemático e metódico e que aumenta o conhecimento, podendo ser conduzida por meio de uma abordagem quantitativa ou qualitativa.

Na abordagem quantitativa buscam-se explicações causais, leis fundamentais, são feitos testes de hipóteses. O pesquisador conhece a teoria, domina plenamente as variáveis. É um método rápido, pode ser aplicado a uma gama de situações e a avaliação estatística tem grande relevância. Entretanto, é pouco útil para gerar teorias, às vezes são métodos inflexíveis e está focado no presente. Já na abordagem qualitativa é feita a construção de um conhecimento por meio da geração de hipóteses. Nesta abordagem a perspectiva do indivíduo é muito importante e contribui para a geração de teoria. Todavia, a coleta de dados requer recursos, a interpretação é mais difícil e pode haver pouca credibilidade.

Uma abordagem mista, combinada, é defendida por Amaratunga et al. (2002), pois, segundo estes autores, maximiza as forças e os benefícios de cada uma das abordagens.

Para cada abordagem de pesquisa existem os métodos mais apropriados, como mostrado no Quadro 1.1.

A abordagem empregada neste trabalho é uma abordagem mista: quantitativa e qualitativa. Em uma abordagem mais ampla, as inferências foram baseadas inicialmente no método indutivo em que são utilizados conhecimentos prévios, experiências de observação e realização de experimentos.

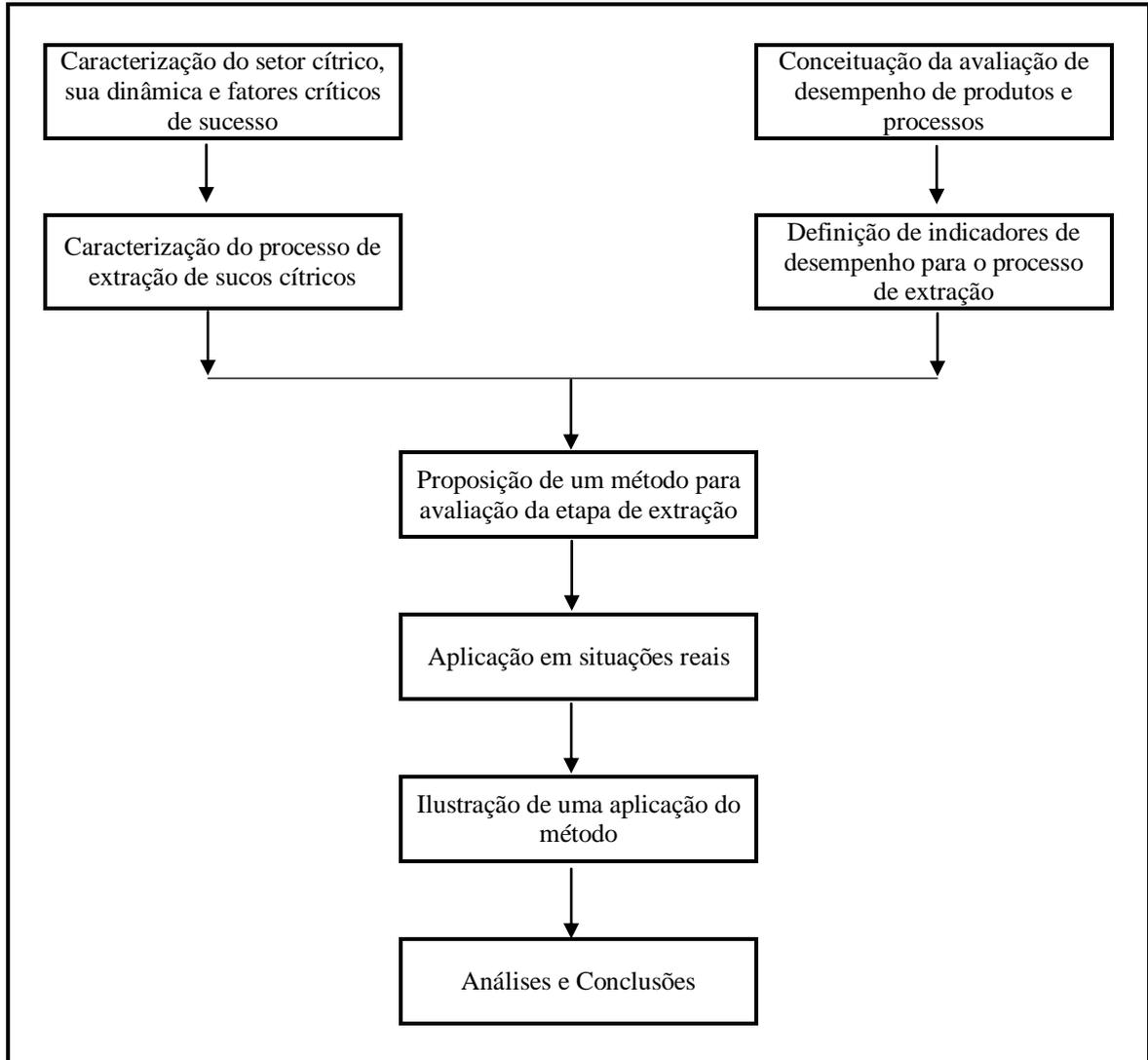
**Quadro 1.1:** Abordagens e métodos de pesquisa.

Abordagem de Pesquisa	Método de Pesquisa	Aplicação	Referência
Quantitativa	Survey	Quando se faz uma pesquisa para obtenção de dados ou informações sobre características, ações ou opiniões de determinado grupo de pessoas.	Freitas et al (2000) Forza (2002)
	Modelagem / Simulação	Quando se propõe um modelo matemático para resolução de um problema.	Betrand e Fransoo (2002) Berends e Romme (1999)
	Quase Experimento	Quando não se controla as variáveis.	-
	Experimento	Utilizada quando se tem condições controladas, não há interação com o indivíduo, quando se deseja testar na prática, no campo e/ou em laboratório, com base na teoria existente.	Amaratunga et al (2002)
Qualitativa	Estudo de Caso	Em investigação de um fenômeno contemporâneo dentro de um contexto da vida real. Relações operacionais que ocorrem ao longo do tempo em situações onde os comportamentos relevantes não podem ser manipulados.	Yin (2005) Voss, Tsikriktsis e Frohlich (2002)
	Pesquisa-Ação	Usar uma abordagem científica para estudar a resolução de um problema, juntamente com quem vivencia o problema diretamente. Visa tanto a tomada de ação como a criação de conhecimento ou teoria acerca da ação.	Coughlan e Coughlan (2002)

Do ponto de vista quantitativo, foram feitos levantamentos de informações, por meio de reuniões, visitas técnicas e vivência nas indústrias de suco, além da execução de experimentos, mediante testes realizados em extratoras de suco. Do ponto de vista qualitativo, foi feito um estudo de caso em uma indústria fornecedora de equipamentos para extração de suco, visto que este objetiva investigar determinado fenômeno dentro de determinado contexto (YIN, 2005) e o método proposto foi aplicado em condições reais.

Uma das limitações da pesquisa, por ser indutiva, é sua generalização, pois o método pode ser utilizado em várias situações, sob diferentes abordagens, mas necessita de adaptações conforme a sua aplicação.

A Figura 1.1 ilustra os elementos centrais do desenvolvimento desta pesquisa.



**Figura 1.1:** Esquema conceitual do desenvolvimento da pesquisa.

#### 1.4 Contribuições do trabalho

Frente às observações empíricas do autor e dos conceitos teóricos obtidos na literatura, delineia-se as seguintes contribuições do trabalho, sendo elas contribuições distintas e complementares, porém igualmente importantes:

1. Do ponto de vista acadêmico, por se tratar de um tema pouco explorado e com poucas referências teóricas, foi possível reunir, por meio de revisão da literatura, uma base de informações atualizadas e específicas da citricultura, do processamento de citros e da avaliação de desempenho da principal operação deste processo (extração). Os resultados

obtidos nesta pesquisa poderão ser extrapolados para outros setores da agroindústria, e também poderão fomentar o desenvolvimento de trabalhos futuros.

2. Do ponto de vista da indústria, por se tratar de um tema muito abrangente e que envolve vários aspectos da cadeia citrícola, foi possível disponibilizar uma base de informações ampla da cadeia produtiva do setor cítrico, até então não disponível numa mesma base referencial; desde a matéria-prima até o produto final, passando pelo processamento, culminando no método para avaliação da etapa de extração.

### **1.5 Estrutura geral da dissertação**

Esta dissertação está dividida em seis capítulos. O primeiro e presente discorre sobre aspectos introdutórios à área de conhecimento, detalhando o contexto, a importância e as justificativas para este estudo, os objetivos do trabalho, o método de pesquisa, as contribuições do trabalho e a estrutura do trabalho.

O segundo capítulo compõe uma visão geral da citricultura atual, mostrando um pouco da história, características da laranja, dados de exportação de citros e características desta cadeia de produção, assim como traz informações referentes ao processamento de citros com seus aspectos tecnológicos e de qualidade, enfatizando a relevância da etapa de extração.

No terceiro capítulo é feita uma revisão de conceitos de desempenho de produtos e processos, focando a terminologia própria utilizada na indústria cítrica.

Na sequência, o capítulo quatro descreve o método proposto para a avaliação da extração de sucos cítricos. Este capítulo constitui o principal objetivo do trabalho e sua principal contribuição do ponto de vista acadêmico e organizacional.

O quinto capítulo apresenta uma ilustração de aplicação do método para uma determinada situação, exemplificando as etapas, atividades e controles do método.

Finalmente, o sexto e último capítulo consiste das conclusões finais, as limitações do estudo e propostas para pesquisas futuras.

## **2. CADEIA DE PRODUÇÃO DE SUCOS CÍTRICOS**

De cada cinco copos de suco de laranja consumidos no mundo, três são produzidos nas fábricas brasileiras. O Brasil detém 50% da produção mundial de suco de laranja e exporta 98% do que produz e é responsável por 85% das exportações mundiais de suco de laranja, representando o setor brasileiro de maior liderança com relação ao mercado e contribuindo para o desenvolvimento do país e sua inserção na economia internacional (CitrusBR, 2011).

A cadeia de produção do setor cítrico é complexa, pois depende de fatores não controláveis, como, por exemplo, as condições climáticas que afetam as características da matéria-prima e que por sua vez influenciam significativamente na qualidade do produto final, com sua diversidade de requisitos.

Neste capítulo é apresentado um panorama geral do setor cítrico, desde a caracterização geral da citricultura brasileira, incluindo aspectos históricos, passando pela descrição da cadeia produtiva, com dados de exportação e consumo, pelas etapas do processamento e em particular pelo detalhamento da etapa de extração do suco.

### **2.1 Caracterização geral da citricultura brasileira**

O setor cítrico é um dos mais importantes economicamente do agronegócio. Representa divisas significativas para o país, motivando a elaboração de diversos estudos acadêmicos e do aprimoramento da sua cadeia produtiva. O país possui toda uma infraestrutura produtiva e condições climáticas adequadas que favoreceu, ao longo das últimas décadas, o crescimento da produção nacional e da sua exportação para novos mercados, consolidando o país como líder mundial na produção de sucos cítricos.

#### **2.1.1 História e características da laranja**

De todas as árvores frutíferas, uma das mais conhecidas, cultivadas e estudadas em todo o mundo é a laranjeira. Como todas as plantas cítricas, a laranjeira é nativa da Ásia. Embora o local de sua origem seja tema de controvérsias, a ideia popular de que a laranja é uma fruta chinesa, comprovada por seu nome científico (*Citrus sinensis*), faz muito sentido, pois a primeira referência escrita à laranja apareceu em caracteres chineses, por volta de 2.200 a.C. (HASSE, 1987).

De maneira geral, diz-se que a partir da Ásia, a laranja foi levada para o Norte da África, e daí, para o Sul da Europa, onde, na Idade Média, teria chegado. Na América, os frutos teriam chegado com os descobrimentos, por volta de 1.500. No Brasil, as plantas cítricas foram introduzidas pelos portugueses, no início na colonização, provavelmente na Bahia (NEVES et al., 2007).

Em meados da década de 1960 a indústria de suco de laranja foi implantada no Brasil em consequência de uma grande geada na Flórida, e alcançou rapidamente um nível tecnológico equivalente ao dos países mais adiantados do setor. Na década de 1980, o Brasil tornou-se o maior produtor mundial de laranjas, ultrapassando a região da Flórida, nos Estados Unidos.

A laranja é muito conhecida por ser fonte de vitamina C. O consumo de uma unidade dessa fruta corresponde à quantidade recomendada de dose diária de vitamina C (60 mg) (NEVES, 2010).

O suco de laranja se popularizou como bebida para o desjejum e refresco natural. Sua composição é semelhante à da laranja, ainda que contenha menos cálcio e menos fibra, nutrientes estes que se encontram principalmente na polpa. Os sucos embalados elaborados à base de suco de laranja reconstituído são uma boa alternativa ao suco natural, embora as perdas de vitamina C durante o processo de embalagem sejam calculadas em 10%. As vitaminas restantes, o ácido fólico e os minerais se mantêm (ROCHA; CARVALHO, 2009).

A laranja apresenta algumas características peculiares, dependendo da sua localização e variedade. Na indústria cítrica, são processadas quatro variedades principais de laranja no que se refere ao volume ao longo da safra.

A safra da laranja normalmente inicia-se com a variedade **Hamlin** (variedade precoce, com baixo teor de óleo e baixo conteúdo de sólidos solúveis devido à reduzida quantidade de suco), seguindo pela **Pera Rio** (fruta de meia estação, variedade muito boa no quesito qualidade do suco e eficiência industrial) e depois pelas variedades tardias chamadas **Valência** e **Natal** (variedades com bom volume de processamento, alto conteúdo de óleo e boa qualidade do suco).

O Quadro 2.1 mostra alguns parâmetros de cada variedade e a distribuição varietal, ou seja, a distribuição do plantio e produção de cada variedade no Estado de São Paulo. Não há um registro oficial único do número de árvores por variedade para São Paulo, sendo que cada processador tem sua própria distribuição varietal em função da origem da fruta e da fruta própria plantada.

**Quadro 2.1:** Variedades principais do Estado de São Paulo.

Variedade	Período principal de produção	Classificação em relação ao período da safra	Conteúdo de sólidos solúveis	Conteúdo de óleo na fruta	Coloração do suco	Percentual da produção (%)
Hamlin	Maio a Agosto	Precoce	Baixo	Baixo	Fraca	23%
Pera Rio	Julho a Outubro	Meia estação	Médio - Alto	Médio	Boa	22%
Valência	Outubro a Janeiro	Tardia	Médio	Alto	Boa	55%
Natal	Outubro a Janeiro	Tardia	Médio	Alto	Boa	

Fonte: Neves (2010) e informações de médias históricas da Planta Piloto da JBT FoodTech.

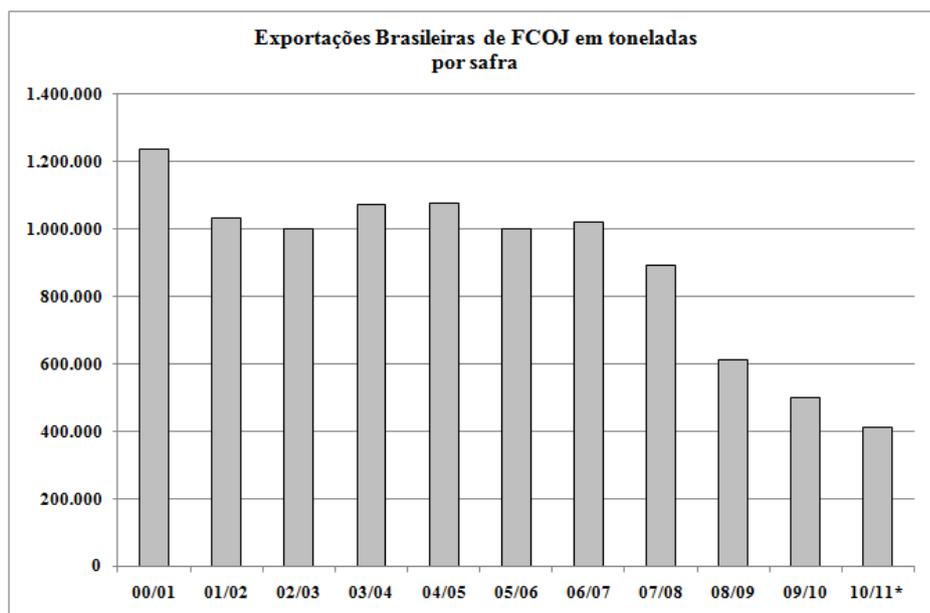
### 2.1.2 Panorama da citricultura no Brasil

Considerando a importância da citricultura brasileira no mercado mundial, vale ressaltar algumas das recentes mudanças que vêm ocorrendo neste setor nos últimos anos.

Mendes (2011) faz um resumo das principais mudanças que vem atingindo o setor:

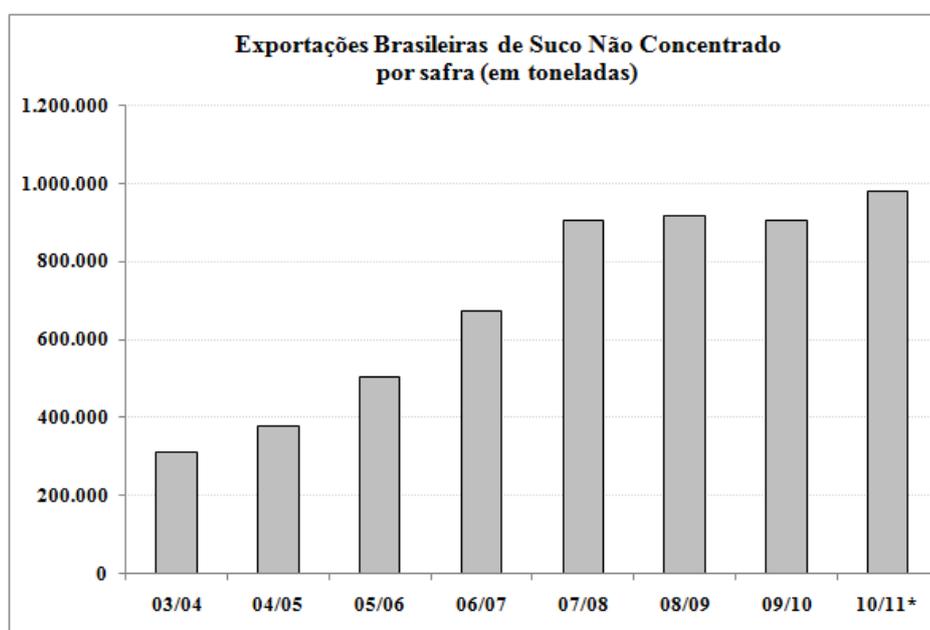
- em 2004, houve o primeiro registro de *greening*, na região de Araraquara, região esta que na década de 1960 impulsionou a citricultura com a instalação das primeiras indústrias de suco;
- desde o final da década de 1990, as áreas de produção de citros do Brasil e da Flórida diminuíram significativamente, tendo São Paulo perdido cerca de 24% e a Flórida 35% de sua área. Esta queda ocorreu muito mais pela baixa margem de lucros do que por problemas fitossanitários;
- redução do consumo de suco de laranja nos principais mercados consumidores, Europa e Estados Unidos;
- mudança em direção a produtos de maior valor agregado (NFC), reduzindo fortemente a produção de sucos concentrados (FCOJ).

As últimas safras vêm consolidando o redirecionamento do processamento para a produção cada vez maior de suco de laranja fresco (NFC), apesar do ainda predomínio do suco concentrado e congelado (FCOJ). As Figuras 2.1 e 2.2 mostram esta característica de aumento na produção de NFC (suco pasteurizado) e queda na exportação de FCOJ (suco concentrado).



**Figura 2.1:** Exportações Brasileiras de FCOJ em toneladas por safra.

Fonte: CitrusBR (\* Até junho /2011).



**Figura 2.2:** Exportações Brasileiras de NFC em toneladas por safra.

Fonte: CitrusBR (\* Até junho /2011).

A presença marcante do suco concentrado, porém, ainda deve sustentar-se por décadas na citricultura, mesmo que sua participação relativa esteja ameaçada em alguns mercados de países mais desenvolvidos, como os Estados Unidos e os participantes da União Europeia, pelo suco tipo NFC. A sua facilidade de transporte e o baixo custo transformaram-no em principal *commodity* do setor e abrem frentes em novos mercados (BOTEON; NEVES, 2005).

A história mostra que o setor de citros acabou encontrando soluções graças à habilidade e à agilidade de uma pesquisa de ponta, aliada à elevada capacidade técnica de diversos profissionais envolvidos para difundir tecnologias e dos produtores para absorvê-las. Entretanto, o aparecimento das novas doenças neste início de milênio é um risco econômico muito presente no setor e pode comprometer a competitividade brasileira no futuro.

Ao longo de todos estes anos de citricultura no Brasil, um dos grandes desafios tem sido o convívio com algumas pragas e doenças que foram surgindo. Algumas doenças já foram dominadas e outras ainda assombram os produtores, como pode ser visto no Quadro 2.2.

**Quadro 2.2:** Principais doenças dos citros.

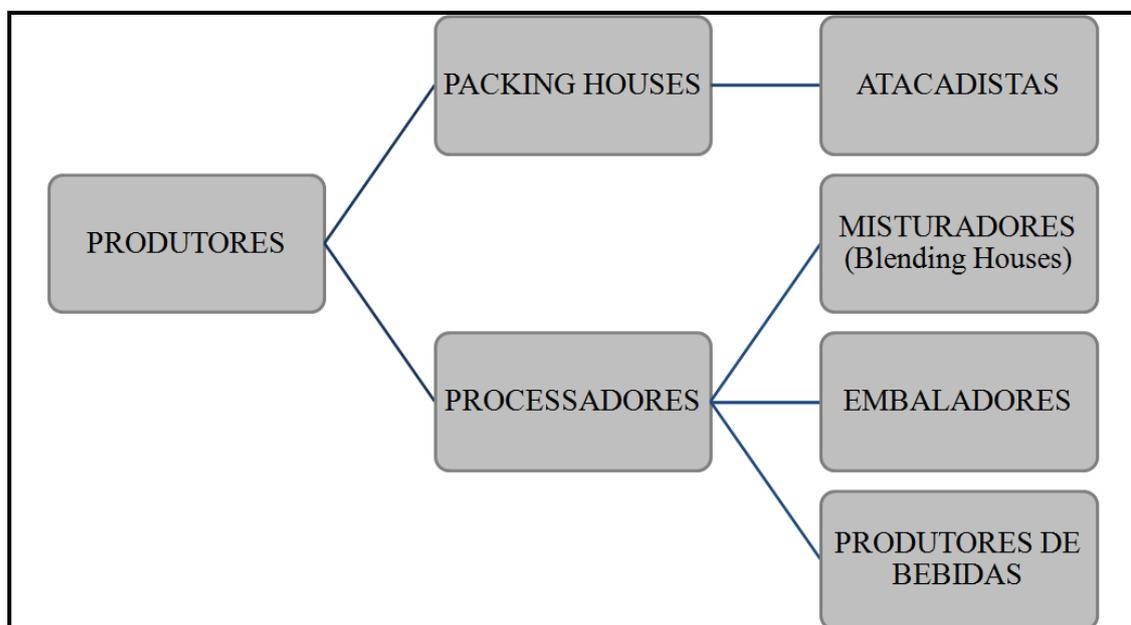
Ano	Doença	Maiores problemas causados	Medidas de prevenção e controle
1937	<b>Tristeza dos Citros</b>	- Morte de laranjeiras doces enxertadas em laranjeira azeda.	Porta-enxertos tolerantes e pré-imunização
1957	<b>Cancro Cítrico</b>	- Queda de produção - Lesões e queda de folhas - Queda de frutos - Área perdida com quebra-ventos - Impossibilidade de vendas para regiões livres	Prevenção e Inspeção Irradicação
1987	<b>CVC (Clorose Variegada dos Citros) “Amarelinho”</b>	- Redução no tamanho dos frutos e consequente perda significativa de produção. - Ao contrário do <i>greening</i> , os frutos não se deformam e não caem.	Viveiros protegidos (planta sadia) e manejo (controle químico e poda / erradicação)
<b>Década de 1980</b>	<b>Leprose</b>	- Depreciação dos frutos, queda prematura das folhas e frutos, seca de ramos e redução da vida útil da planta. - Prejudica e reduz bastante a produção.	Plantio de mudas sadias, manejo e controle químico com acaricidas.
1992	<b>Pinta Preta</b>	- Lesões na casca dos frutos, depreciando-os para o mercado interno de fruta fresca e restringindo-os para a exportação à Comunidade Europeia. - Esta doença não afeta a qualidade interna dos frutos, podendo ser utilizados na indústria de suco.	Mudas sadias e Manejo (nutrição e sanidade do pomar, controle do mato, irrigação).
2001	<b>Morte Súbita dos Citros</b>	- Os sintomas são quase idênticos aos da Tristeza dos Citros: declínio rápido da planta, causado pela obstrução e degeneração do floema do porta-enxerto, logo abaixo da região da enxertia e morte de radículas e raízes.	Porta-enxerto tolerante e subenxertia
2004	<b>HLB – Huanglongbing (Greening)</b>	- Queda de folhas e frutos - Queda na qualidade do suco produzido (acidez e amargor), pois a fruta não se desenvolve adequadamente.	1. Eliminação de plantas doentes 2. Controle Químico do psilídeo 3. Plantio de Mudas sadias

Fonte: Fundecitrus (2009).

Nos últimos anos a incidência das doenças têm se intensificado em algumas regiões do Estado de São Paulo, especialmente o *Greening* que é a mais recente e uma das mais difíceis de controlar. Além disso, é uma doença que impacta significativamente toda a cadeia, pois prejudica o produtor que tem a produtividade severamente reduzida, principalmente pela queda prematura de frutos e pela necessidade de erradicar as plantas doentes. O impacto também é significativo na qualidade do fruto e do suco produzido, que tem a acidez e o amargor intensificados (BASSANEZI; MONTESINO; STUCHI, 2009).

## 2.2 A cadeia de suprimentos do agronegócio citrícola

Na cadeia de produção do suco de laranja há diversas etapas e atores envolvidos, do produtor de laranjas ao consumidor final, como esquematizado na Figura 2.3. Dificilmente há verticalização integral da produção, ou seja, realização de todas as etapas sob um único teto, não apenas por fatores geográficos, mas também pela forma como a indústria evoluiu com o tempo. A tendência é que cada elo da cadeia torne-se mais independente, como consequência da crescente demanda e da especialização de cada etapa, além de fatores comerciais.



**Figura 2.3:** Cadeia citrícola – principais atores.  
Fonte: Elaborada pelo autor.

O Quadro 2.3 apresenta as características dos principais atores desta cadeia produtiva.

**Quadro 2.3:** Características dos atores da cadeia citrícola.

Atores	Características
<b>Produtores</b>	São organizados em diversos tipos, de pequenos agricultores independentes que vendem sua produção para comerciantes de frutas ou cooperativas e agricultores que fazem parte de grandes empresas de processamento. Para os processadores, é essencial ter fornecimento contínuo de laranjas. Esse mercado passa por mudanças constantes de acordo com as condições comerciais e políticas no mundo. Durante os anos de 1990, os processadores estabeleceram parcerias de longo prazo com os cultivadores para garantir fornecimento contínuo.
<b>Mercado de Fruta Fresca ou “Barracões” (Packing Houses)</b>	Estes são responsáveis pela limpeza, padronização e empacotamento da fruta. Seus principais clientes são atacadistas nacionais e as grandes redes de supermercados e, em menor proporção, exercem também a função de exportador. Muitos produtores têm seu próprio barracão e escritórios nas Ceasas (Centrais de Abastecimento), comercializando diretamente com o varejo. A relação comercial entre barracões e produtores geralmente é informal, sem contrato.
<b>Processadores de suco</b>	Os processadores podem ser divididos em dois grupos: - <u>Processadores Comerciantes</u> : vendem suco embalado sob suas próprias marcas, o que requer habilidades de varejo e <i>marketing</i> para consumidores finais. - <u>Processadores de suco a granel</u> : processam o fruto, extraem o suco e vendem seus produtos em grandes quantidades, o que requer habilidades em distribuição eficiente e comercialização de <i>commodities</i> , além de habilidades em logística.
<b>Misturadores (Blending Houses)</b>	A busca por maior consistência e uniformidade na qualidade dos sucos levou a indústria a criar o segmento dos misturadores ( <i>blending houses</i> ), que fornecem aos embaladores suco que atenda às especificações de qualidade exigidas pelo mercado, o que é conseguido por meio da mistura de concentrados de origens diferentes, adição de componentes da reconstituição do suco, entre outros. Os grandes processadores de suco brasileiros que têm terminais próprios para exportação também possuem instalações para mistura. Outra atividade desenvolvida pelos misturadores é o preparo de bebidas diversas, por exemplo, à base de frutas.
<b>Embaladores</b>	Os embaladores recebem o produto em grandes quantidades, tratam conforme necessário e embalam para fornecimento ao consumidor final. Também podem controlar a distribuição do produto embalado. Há duas categorias principais de embaladores: os que comercializam suas próprias marcas e os que embalam para marcas privadas. Podem usar o suco de laranja concentrado como matéria-prima, ou podem comprar uma base preparada por empresas misturadoras.
<b>Produtores de Bebidas</b>	São os produtores de bebidas sem gás à base de frutas e de refrigerantes e bebidas.

Fonte: CitrusBR (2009).

Como parte integrante da cadeia de suprimentos do agronegócio citrícola, é relevante destacar as entidades ligadas ao setor que dão suporte na estruturação e aprimoramento da cadeia. No Quadro 2.4 são apresentadas algumas das principais entidades do setor, que atuam junto aos produtores e processadores, a fim de auxiliar tecnicamente e desenvolver ações de interesse dos seus associados e colaboradores.

**Quadro 2.4:** Principais entidades do setor cítrico.

Entidades	Descrição
<b>Fundecitrus – Fundo de Defesa da Citricultura</b>	<p>Para o combate ao cancro cítrico, o Ministério da Agricultura criou a Campanha Nacional de Erradicação do Cancro Cítrico, mas para a erradicação efetiva da praga e para promover um maior controle sanitário nos pomares, o setor citrícola paulista criou, em 1977, o Fundecitrus - Fundo Paulista de Defesa da Citricultura. O trabalho do Fundecitrus foi definitivo no caso do cancro cítrico e a entidade trabalha até hoje na preservação do maior parque citrícola do mundo. Foi credenciado pelo MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) para a Inspeção de Cancro Cítrico em 1993.</p> <p>Realiza inspeções de outras doenças, tais como MSC (Morte Súbita dos Citros), CVC (Clorose Variiegada dos Citros) e <i>Greening</i> (a partir de 2004).</p> <p>A missão do Fundecitrus é “assegurar a sanidade do parque citrícola, respeitando o homem e o meio ambiente”.</p>
<b>CitrusBR – Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos</b>	<p>A CitrusBR foi fundada em junho de 2009 pelos maiores produtores e exportadores brasileiros de sucos cítricos e seus derivados: Cutrale, Citrosuco - Grupo Fischer, Citrovita - Grupo Votorantim e Louis Dreyfus.</p> <p>Sua principal finalidade é defender os interesses coletivos dos exportadores de cítricos em escala nacional e internacional, monitorando questões de comércio internacional, lutando pela eliminação de barreiras comerciais, atuando na defesa de interesses institucionais, apoiando estudos técnicos para encontrar soluções e alternativas para os problemas do setor, interagindo com outras entidades do agronegócio, promovendo o consumo de suco e principalmente promovendo a imagem do setor por meio da divulgação de informações claras e transparentes.</p>
<b>ASSOCITRUS – Associação Brasileira de Citricultores</b>	<p>É a associação que une, defende, representa, orienta e dá suporte técnico e jurídico aos citricultores do Brasil.</p>
<b>CENTRO APTA CITROS</b>	<p>O Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Citros Sylvio Moreira (CAPTACSM), vinculado ao Instituto Agronômico de Campinas (IAC), Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA) da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (SAA), foi criado em 1928 com o nome de Estação Experimental de Limeira.</p> <p>O Centro consolidou-se na comunidade citrícola como um Centro difusor de material genético e de tecnologia, crescendo junto com a citricultura brasileira.</p> <p>O perfil principal do Centro APTA Citros ‘Sylvio Moreira’ como gerador de conhecimento e tecnologia está bem caracterizado em suas linhas principais de projetos de pesquisa e desenvolvimento voltados para o melhoramento de citros. Para tanto, mantém um dos maiores acervos de germoplasma de citros do mundo, na forma do Banco Ativo de Germoplasma (BAG-Citros), do qual derivam todas as variedades copa e porta-enxerto que dão suporte à citricultura atual.</p>

Fonte: Sites das entidades.

### 2.3 A indústria de suco cítrico no Brasil

No Brasil, a indústria de produtos cítricos teve início na década de 1960 com a instalação das primeiras extratoras no Estado de São Paulo. O desenvolvimento desta indústria, no Brasil, teve como marco inicial uma forte geada ocorrida em 1962, na Flórida (EUA), fato este que possibilitou a entrada do Brasil no mercado mundial de suco de laranja concentrado. Aos poucos a indústria brasileira evoluiu, superando a americana tanto em volume como em tecnologia de processo.

Pode-se dizer que o processo de produção industrial de suco concentrado congelado de laranja não apresentou alterações significativas ao longo dos últimos anos, considerando-se que as principais etapas de produção e os principais equipamentos utilizados na indústria permanecem inalterados, com mudanças incrementais visando maximizar o rendimento, melhorar a qualidade do produto final e minimizar o consumo energético. Modernos conceitos de automação e logística foram aplicados, a fim de reduzir custos e riscos. As alterações mais significativas se deram no campo da qualidade e da segurança do alimento (BARBOSA; CURTOLO, 2005).

Com relação às indústrias processadoras de citros, Borges (1997) apresenta a relação das empresas processadoras de suco cítrico do Estado de São Paulo de 1990 a 1994. Após 1994, algumas destas plantas já foram desativadas, outras adquiridas por outros grupos e novas plantas foram instaladas. Neves (2010) apresenta as indústrias do Estado de São Paulo com o número de extratoras instaladas em 2009. Gaban (2008) relaciona as organizações voltadas ao processamento de citros após 1962 com os detalhes sobre as fábricas que foram desativadas ou absorvidas por outros grupos.

As fábricas de processamento de suco geralmente estão localizadas em áreas próximas às plantações, porque após a colheita os frutos podem se degenerar rapidamente, especialmente se a região apresentar clima com altas temperaturas. O suco processado e os outros produtos obtidos, entretanto, podem ser armazenados durante períodos maiores e transportados por longas distâncias.

### **2.3.1 O processamento cítrico**

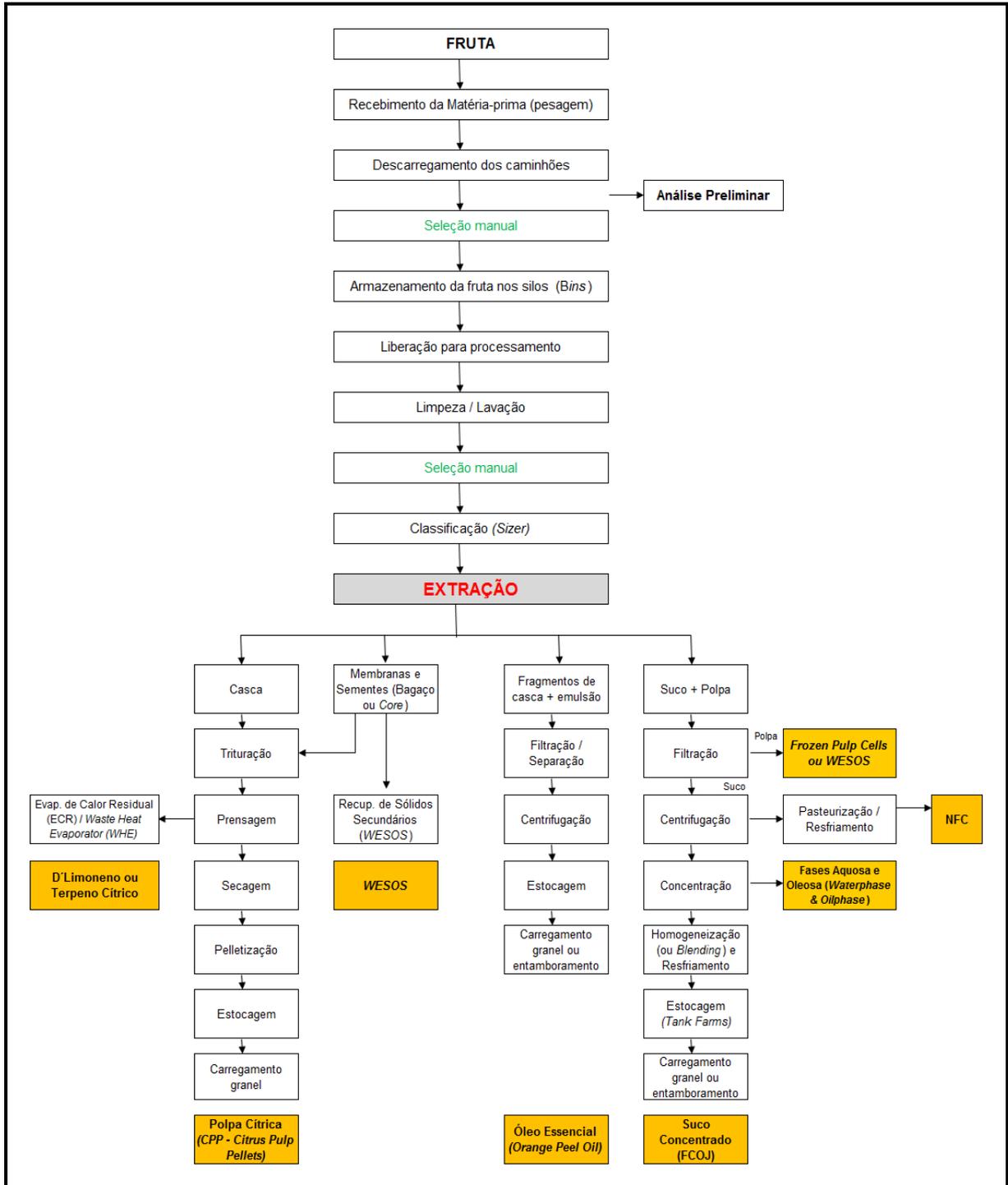
Esta seção apresenta o fluxograma básico e as etapas de uma indústria de processamento cítrico, considerando que para o mesmo processo podem ser considerados como citros, as laranjas, limas, limões e tangerinas. Como o volume de processamento da laranja em comparação com os outros citros é predominante, a abordagem para as etapas, produtos e subprodutos é feita para o processamento de laranjas.

A laranja pode ser definida também pelas frações obtidas no processamento:

- Flavedo: casca da laranja, parte externa, colorida;
- Células ou bolsas de óleo: presentes na casca da laranja e contêm o óleo essencial;
- Albedo: parte branca esponjosa entre o flavedo e as membranas;
- Polpa ou células: bolsas que contêm o suco;

- Membranas internas ou *core*: estrutura fina, translúcida que envolve as células;
- Sementes.

A Figura 2.4 apresenta um fluxograma genérico do processamento de citros, destacando as principais etapas, os subprocessos e seus produtos.



**Figura 2.4:** Fluxograma genérico do processamento de citros.

Fonte: Adaptada de Barbosa e Curtolo (2005), e de Citrus BR (2011).

Além do suco, que é o produto principal do processamento dos citros (laranja), há outros subprodutos que são gerados a partir de outras partes da fruta, como mostrado no Quadro 2.5.

**Quadro 2.5:** Subprodutos do processamento de citros.

<b>Tipo</b>	<b>Origem</b>	<b>Nome comercial</b>	<b>Aplicações principais</b>
<b>Óleo Essencial</b>	Óleo Essencial obtido da extração da casca (processo mecânico), sem uso de calor. Processo: extração, concentração, polimento e deceramento.	<i>Orange Essential Oil</i> ou <i>Orange Peel Oil</i>	Perfumes, aromas, fragrâncias, alimentos, cosméticos, medicamentos.
<b>Terpeno Cítrico (D’Limoneno)</b>	Óleo fino, incolor, com leve odor cítrico. É obtido da destilação do licor cítrico que, por sua vez, origina-se da prensagem do resíduo úmido da laranja (casca, bagaço e sementes). Provém do Evaporador de Calor Residual ou <i>Waste Heat Evaporator</i> .	<i>Citrus Terpene</i>	Solventes (90% da venda), resinas, tintas, perfumes, aromas, indústria de produtos de limpeza.
<b>Aroma extraído do suco – fase oleosa</b>	Produto obtido como um subproduto do processo de concentração do suco. Durante a evaporação da água do suco, os compostos voláteis são recuperados e esta representa a fase aquosa.	<i>Orange Waterphase Essence</i>	Aplicação forte em bebidas, isotônicos, alimentos e bebidas em geral.
<b>Aroma extraído do suco – fase aquosa</b>	Produto obtido como um subproduto do processo de concentração do suco. Durante a evaporação da água do suco, os compostos voláteis são recuperados e esta representa a fase oleosa.	<i>Orange Oilphase Essence</i>	Mesmas aplicações da WP, entretanto mais voltado para perfumes e fragrâncias.

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de informações obtidas nas indústrias processadoras.

O Quadro 2.6, descreve de forma sucinta as principais etapas do processo clássico de produção de suco concentrado de laranja. Há diferenças quanto ao processo produtivo entre as diversas unidades fabris em razão das instalações e de peculiaridades de cada planta, entretanto os aspectos principais são bem similares.

**Quadro 2.6:** Etapas do processamento de citros.

<b>Etapas</b>	<b>Descrição</b>
<b>Recebimento e armazenamento da fruta</b>	<p>A fruta é recebida em caminhões, a granel, em uma área própria, normalmente designada como “pátio de caminhões”. Em razão da ordem de chegada e/ou necessidades de produção, as cargas são destinadas aos locais designados para descarregar as frutas, as chamadas “rampas de descarregamento ou descarga”.</p> <p>Durante o descarregamento da fruta e envio para os silos de armazenamento (<i>bins</i>), uma amostra de frutos é retirada de cada caminhão para análise do rendimento do suco, tamanho da fruta (número de frutas por caixa), grau Brix e acidez para a determinação do <i>ratio</i> (relação entre o Brix e a acidez). Essa análise indica as principais características da colheita e permite classificar os frutos recebidos para posterior processamento.</p> <p>A etapa de inspeção ou seleção manual para retirada de materiais estranhos e frutas não aptas para o processamento pode ocorrer antes do armazenamento ou após a liberação para o processamento.</p>

**Quadro 2.6:** Etapas do processamento de citros. (*continuação*)

Etapas	Descrição
<b>Limpeza e Classificação da fruta</b>	Dos <i>Bins</i> , a fruta é enviada para as etapas seguintes através de transportadores, seguindo para o <i>surge bin</i> que é uma espécie de tanque pulmão que mantém o nível de fruta estável para as outras etapas. As frutas passam por uma mesa lavadora dotada de escovas e jatos de água para realizar a limpeza e higienização das frutas. Após esta etapa pode haver uma inspeção manual em que são retirados possíveis frutos danificados. Após a limpeza, as frutas são classificadas pelo seu diâmetro em equipamentos conhecidos como <i>Sizers</i> . Daí as frutas seguem por transportadores chamados <i>Feed Belts</i> que as conduzirão até as extratoras.
<b>Extração</b>	O objetivo desta etapa é obter o máximo possível de suco da fruta, ou seja, extrair o suco com o melhor rendimento possível, atendendo aos padrões de qualidade exigidos para os produtos. Os frutos são separados de acordo com os seus tamanhos para que possam ser destinados às extratoras apropriadas, onde o suco é extraído mecanicamente a partir do fruto inteiro ou cortado em metades, dependendo do tipo de extratora utilizada. Esta etapa será detalhada no item 2.3.2.
<b>Acabamento</b>	O suco após a extração contém células (polpa) ou também bagaço, dependendo da tecnologia de extração empregada. Por isso, há a etapa de filtração para a separação do material fibroso do suco primário. Os equipamentos mais comumente utilizados na etapa de filtração são os <i>Finishers</i> e os <i>TurboFiltros</i> . Dependendo do tipo de produto a ser produzido, pode haver a etapa de centrifugação para o ajuste do teor de polpa ( <i>bottom pulp</i> ) no suco final. A polpa (células) separada na etapa de filtração é utilizada em outros processos para a obtenção de produtos secundários.
<b>Produção de suco de laranja concentrado (FCOJ)</b>	Após a filtração, o suco segue para um evaporador especialmente desenvolvido para a indústria de cítricos, onde os componentes voláteis são separados e depois recuperados, ao passo que o suco propriamente dito é concentrado para um grau Brix de 66. Os componentes recuperados são as essências, em fase aquosa e oleosa, que são vendidas para misturadores, embaladores de suco ou companhias que produzem aromas e sabores. Em alguns casos, o suco passa por um processo de homogeneização, diminuindo a viscosidade do produto para otimizar a evaporação. O suco concentrado é refrigerado e misturado a outras quantidades do mesmo produto para chegar a um equilíbrio de qualidade satisfatório. Em seguida, vai para tanques de armazenamento refrigerado, denominados <i>Tank Farms</i> .
<b>Produção de suco não concentrado (NFC)</b>	O suco filtrado é pasteurizado (processo de aquecimento e resfriamento para desativar enzimas, eliminar microrganismos indesejáveis e estabilizar o suco) e pode passar por processos adicionais para remoção de parte do óleo existente e desaeração para remover oxigênio. A pasteurização visa inativar enzimas presentes no suco e deixá-lo microbiologicamente estável. O produto final é armazenado por até um ano, congelado ou refrigerado. Como o suco não concentrado ocupa um volume 5 a 6 vezes maior que o concentrado, o custo de armazená-lo congelado é alto. Para grandes quantidades, o armazenamento geralmente é feito utilizando tanques assépticos com capacidade para até 4 milhões de litros. O suco deve ser agitado periodicamente para evitar a separação entre o suco e os sólidos dissolvidos e para manter a uniformidade do grau Brix. No Brasil, onde a maior parte do suco é destinada para exportação, os tanques assépticos são instalados nos terminais portuários e não nas fábricas. Para evitar a repasteurização do suco antes do embarque, foram desenvolvidas tecnologias que permitem o transporte em navios especialmente designados para este fim. Outra alternativa de armazenamento é o uso de contêineres com sacos assépticos de capacidade de até 1000 litros (conhecidos como <i>Bag-in-Box</i> ). Quando o NFC é transportado para longas distâncias, pode haver mistura com outros sucos e polpa em instalações localizadas nos terminais que recebem o suco, ou em empresas misturadoras ( <i>blending houses</i> ).
<b>Produção de polpa (<i>Frozen Cells</i>)</b>	Após a separação do suco e da polpa, a polpa pode ser destinada ao processo de recuperação de células, onde passa ainda por um processo de separação de materiais em <i>finishers</i> e ciclones. Em seguida é pasteurizada em equipamentos especiais e embalada para o armazenamento.

**Quadro 2.6:** Etapas do processamento de citros. (*continuação*)

<b>Etapas</b>	<b>Descrição</b>
<b>Suco obtido da polpa</b>	Se a polpa restante após a extração do suco não for utilizada para a produção de <i>Frozen Cells</i> , ela pode ser lavada para extrair substâncias dissolvidas no suco. Esse produto é chamado <i>pulp wash</i> ou suco da polpa. Também conhecido como WESOS ( <i>Water Extracted Soluble Orange Solids</i> ) este produto pode ser adicionado ao suco primário ou concentrado e vendido separadamente, dependendo da especificação do produto e legislação do cliente.
<b>Recuperação do óleo da casca de laranja</b>	A emulsão de óleo e água proveniente do processo de extração do suco possui também outras substâncias, como partículas de casca e polpa, pectinas e açúcares. O objetivo é recuperar o óleo da casca removendo as outras substâncias, mas perdendo o mínimo de óleo possível nesse processo, que ocorre por meio de duas etapas de centrifugação. O óleo de casca de laranja também é conhecido como CPO – <i>Cold Pressed Oil</i> ou OPO – <i>Orange Peel Oil</i> .
<b>Fábrica de ração</b>	É economicamente recomendável incluir uma fábrica de ração em grandes fábricas de processamento de suco. Os frutos rejeitados no recebimento, a casca, o bagaço e os fragmentos de casca que resultam da extração, bem como a polpa e outros sólidos são enviados para o processo da fabricação de ração. Este processo conta com as etapas de trituração, prensagem, secagem e peletização, para a produção do CPP – <i>Citrus Pulp Pellets</i> , produto fibroso utilizado como ingrediente para ração animal.
<b>Transporte do suco concentrado (FCOJ) a granel</b>	O transporte deste produto é geralmente realizado em navios-tanque, caminhões-tanque ou tambores. Uma pequena parte é embalada em sacos assépticos que são condicionados em tambores para transporte posterior. Os maiores processadores brasileiros construíram seus próprios terminais no Brasil, Europa e Japão, e há diversos navios desenvolvidos exclusivamente para o transporte do suco concentrado congelado e de outros produtos cítricos a granel. Outra forma de transporte é a utilização de tambores, que podem ser enviados como " <i>break-bulk</i> " (fora de contêineres), ou dentro de contêineres.
<b>Transporte do suco não concentrado (NFC) a granel</b>	Há duas maneiras de transportar o suco não concentrado: congelado ou resfriado sob condições assépticas. A expansão da produção de suco não concentrado no Brasil nos anos de 1990 levou ao desenvolvimento de transporte marítimo a granel para suco resfriado. O transporte de suco concentrado e não concentrado para outros continentes tem sido melhorado por meio dos investimentos em novas tecnologias desenvolvidas pelos grandes produtores de suco. Hoje em dia o uso de navios próprios para transporte dos sucos reduz os custos (embora os investimentos sejam altos) e garantem que a qualidade do suco seja mantida até o seu destino.
<b>Terminais Marítimos para o recebimento do suco de laranja</b>	Em alguns grandes portos da Holanda (Amsterdã, Roterdã), e Bélgica (Gent, Antuérpia), há terminais exclusivos para o recebimento de suco de laranja concentrado a granel. Este tipo de terminal é encontrado também na Flórida, Nova Jersey e em alguns portos do Japão. A partir do navio-tanque, os produtos são bombeados para linhas de recepção que alimentam tanques localizados no continente. A partir desses tanques, são enviados para estações de mistura, onde concentrados de diferentes tipos são misturados para atingir um produto que atenda às demandas dos consumidores. Nessa fase, podem ser adicionados outros ingredientes, e posteriormente o suco é bombeado para caminhões-tanque que vão distribuir o suco. No caso do suco não concentrado, também há terminais específicos para o recebimento e descarga do produto. Na área de recebimento do suco há equipamentos para pasteurização, caso seja necessária. Antes do despacho, o suco não concentrado também pode passar por algum tipo de mistura, às vezes no próprio terminal.
<b>Processamento e embalagem</b>	Os embaladores de suco recebem o produto (suco concentrado ou não concentrado), realizam os processos de tratamento necessários e colocam o produto em embalagens para o consumidor final. Às vezes, a distribuição dos produtos também é realizada pelos embaladores. O mercado exige que os produtores forneçam uma diversidade cada vez maior de produtos, com qualidade superior e preços competitivos. Entretanto, quanto maior a variedade de produtos finais, menor a quantidade de suco utilizado para cada um, e maior a necessidade de planejamento do uso das fábricas para evitar perda de produtos e otimizar o tempo.

**Quadro 2.6:** Etapas do processamento de citros. (*continuação*)

Etapas	Descrição
<b>Controle da Qualidade</b>	<p>Em uma indústria de processamento de citros, um programa de Controle da Qualidade normalmente engloba vários subprogramas, tais como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Avaliação e inspeção da matéria-prima e subprodutos;</li> <li>✓ Controle da qualidade do produto em processo;</li> <li>✓ Controle de lotes de fabricação (padronização e rastreabilidade);</li> <li>✓ Avaliação e controle de produto acabado e produto estocado;</li> <li>✓ Monitoramento e controle das condições higiênico-sanitárias de matérias-primas, instalações e produto acabado;</li> <li>✓ Avaliação de novos produtos e/ou formulações.</li> </ul> <p>Normalmente, nas fábricas de suco também é de responsabilidade do Controle da Qualidade as inspeções e o monitoramento dos programas de controle de riscos alimentares (<i>HACCP</i>) e boas práticas de fabricação (<i>GMP</i>).</p>

**Fonte:** Adaptado de Barbosa e Curtolo (2005) e CitrusBR (2009).

### 2.3.2 A etapa de extração

A extração é uma etapa crítica do processamento de citros, visto que é nesta etapa que a laranja se transforma em frações que por sua vez originarão o suco (produto principal no caso de laranjas) e seus subprodutos. As etapas anteriores e posteriores à extração são importantes para a preservação da qualidade da fruta e do suco obtido, mas esta etapa é a que necessita de maior atenção para que seja garantida a qualidade do produto, sem perda de rendimento de extração, com um processamento eficiente e eficaz, assegurando a competitividade do negócio.

O primeiro conceito de extração de suco utilizando a fruta inteira foi concebido na década de 1940 pela empresa FMC (que mudou o nome para JBT em Agosto de 2008), cujo princípio e etapas do ciclo de extração são ilustrados na Figura 2.5.

#### **Etapas do ciclo de extração FMC/JBT:**

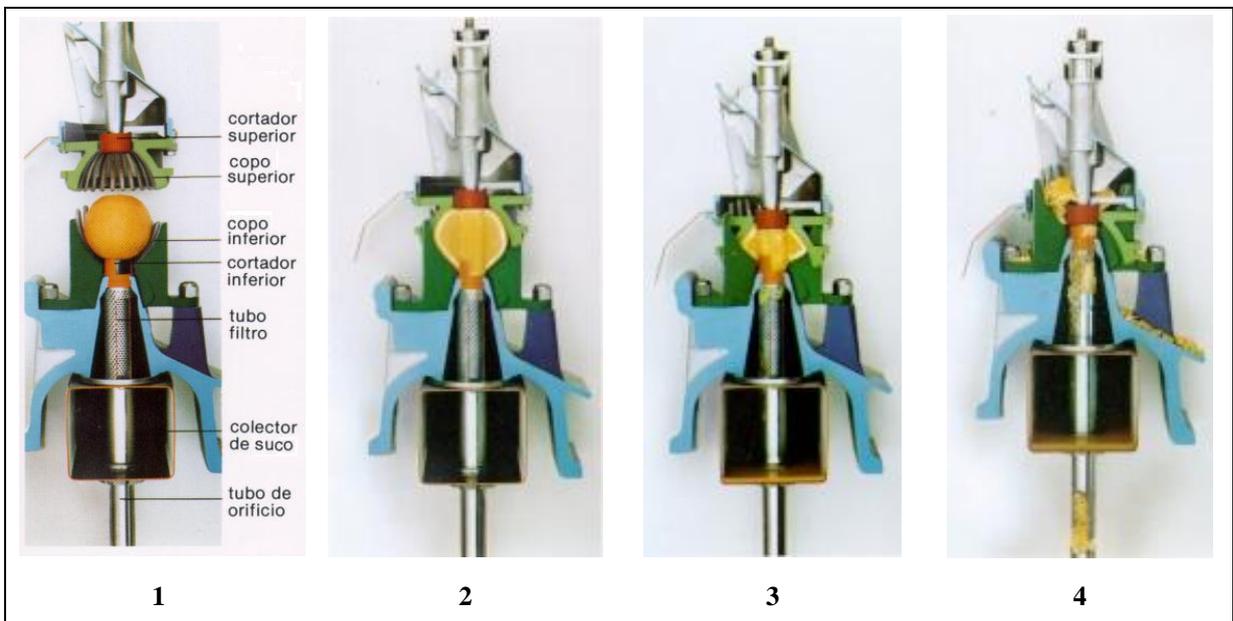
1. O cortador superior corta um *plug* na parte superior da fruta para permitir a separação da casca das partes internas. Os copos superiores e inferiores suportam a parte externa da fruta durante o ciclo de extração para evitar que a fruta arrebente ou exploda. O cortador inferior corta um *plug* na parte inferior da fruta para permitir que as partes internas da mesma ingressem no tubo coador. O tubo coador separa o suco e a polpa dos outros elementos internos da fruta, com base no tamanho das partículas da polpa. O coletor de suco recebe o suco e a polpa. O tubo de orifício exerce pressão dentro do tubo coador recolhendo e descarregando as membranas, sementes e os *plugs*.

2. Nesta fase inicial do ciclo de extração, o copo superior se move para baixo comprimindo a fruta, até o ponto em que os cortadores superiores e inferiores comecem a cortar os *plugs* da casca. O desenho exclusivo

dos copos permite suportar a fruta de uma maneira a não arrebentá-la, recebendo assim uma pressão uniforme.

3. À medida que o ciclo de extração continua, a pressão sobre a fruta aumenta, fazendo com que, após o corte dos *plugs*, as partes internas do fruto sejam forçadas através do corte inferior da casca para dentro do tubo coador. A casca se desprende através da abertura existente entre o copo superior e o cortador superior.

4. Ao finalizar o ciclo de extração, as partes internas da fruta estão retidas no tubo coador. Neste instante o tubo de orifício se move para cima, exercendo pressão sobre o conteúdo do tubo coador, fazendo com que o suco e a polpa ali existentes, passem através dos pequenos furos contidos no tubo coador, ficando retido dentro do tubo de orifício apenas o que denominamos de bagaço (membranas, *plugs*, sementes). Este bagaço é expulso do tubo de orifício na próxima extração realizada pela extratora através de uma abertura na parte inferior deste.



**Figura 2.5:** Princípio de extração FMC (JBT).

Fonte: JBT FoodTech (2008).

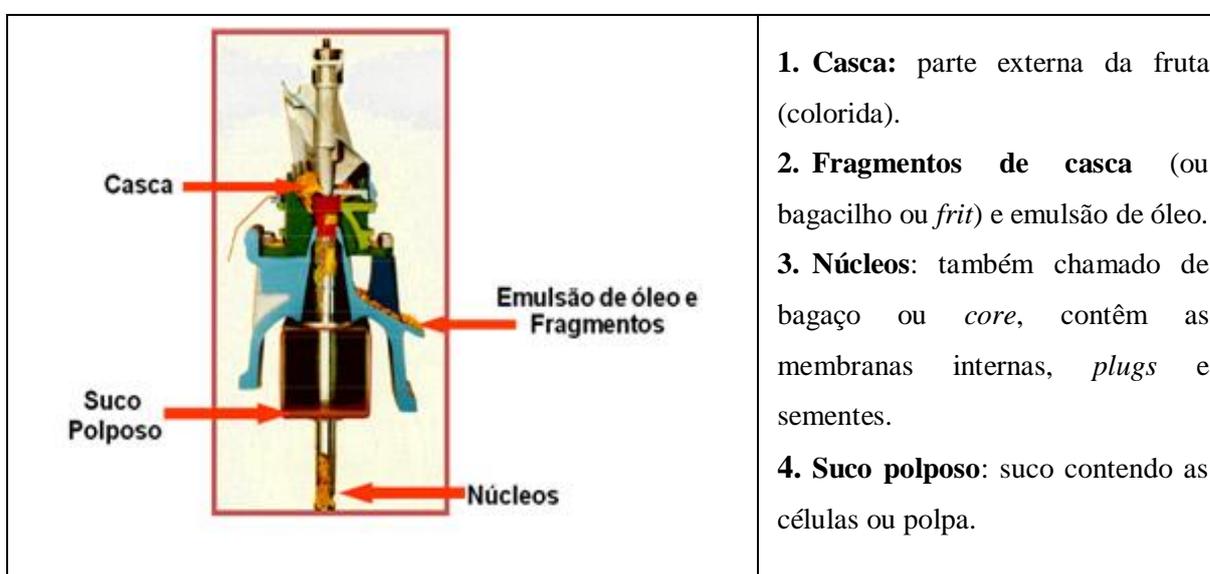
O histórico e a evolução deste conceito estão descritos no documento “The FMC Whole Citrus Juice Extractor” da ASME (*American Society of Mechanical Engineers*, March 24, 1983).

A extração é considerada uma das operações mais importantes no processamento de suco cítrico, pois durante esta operação o suco é extraído e outros componentes da fruta podem entrar em contato com o suco, podendo causar alterações indesejáveis.

A FMC (JBT) desenvolveu um processo de extração de suco em que suas extratoras são projetadas para extrair o máximo possível, sem incorporar componentes da

casca, sementes e óleo essencial. A extratora é constituída de copos que se interpenetram, comprimindo a laranja inteira, aumentando a pressão no interior do fruto, sem que haja “explosão” ou rompimento da sua casca. O copo inferior é dotado de um tubo através do qual o suco é escoado. Esse tubo, que é perfurado, retém parte da polpa e demais partes sólidas, impedindo que estas venham a se incorporar ao suco. As máquinas convencionais contêm cinco pares de copos e têm capacidade para processar até 575 laranjas por minuto, operando a 115 rpm (rotações por minuto).

O princípio de extração da FMC (JBT) separa a fruta instantaneamente em quatro frações, como mostrado na Figura 2.6.



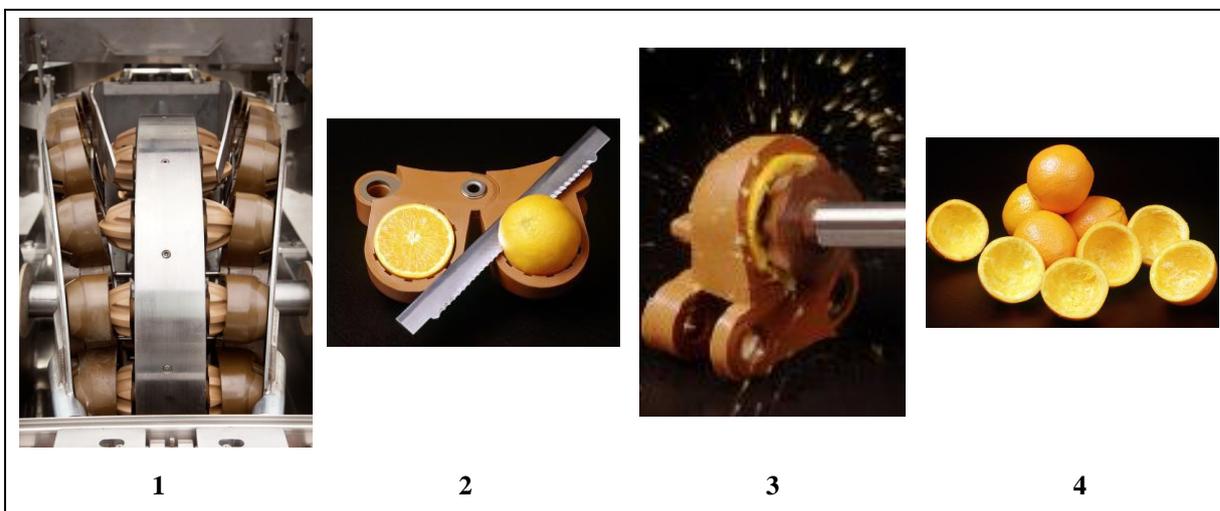
**Figura 2.6:** Frações obtidas na extratora FMC (JBT).  
Fonte: JBT FoodTech (2008).

Outro princípio de extração de suco utilizando a fruta inteira foi desenvolvido pela companhia Brown, em que a fruta é cortada em duas metades e então, por um sistema de pistão, o suco é extraído. Este princípio de extração pode ser visto na Figura 2.7.

#### **Etapas do ciclo de extração Brown:**

1. A fruta inteira, pré-classificada por tamanho, é alimentada na extratora para processamento. A fruta entra por um canal e é apanhada uma a uma por um mecanismo alimentador. Duas correias sem fim opostas são compostas de copos de processamento da fruta, os quais recebem a fruta inteira do alimentador.
2. Estes copos passam primeiro por uma faca para cortar as frutas em duas metades.

3. Os copos carregam as metades das frutas para a área de escareamento (extração do suco por perfuração) onde o suco é extraído da metade da fruta da mesma forma que em um espremedor de fruta caseiro.
4. Em seguida, as cascas são lançadas dos copos permitindo a recepção de outra fruta inteira para iniciar outro ciclo.



**Figura 2.7:** Princípio de Extração Brown  
 Fonte: Brown International Corporation (2010)

O modelo 700 tem os perfuradores e copos montados num plano vertical, tendo a capacidade de processar mais que 700 frutas por minuto, contanto que a fruta adequada seja colocada na máquina e que cada copo (*reamer cup*) receba uma metade de fruta numa sequência contínua. As cabeças do perfurador são ligadas aos eixos de rotação nas duas faces do tambor cilíndrico rotativo. Uma roda alimentadora transfere a fruta para uma faca, a qual divide cada fruta em metades, para uma cadeia de copos. Os copos levam as metades da fruta para os perfuradores, o suco é coletado sob os perfuradores e as metades das cascas espremidas são ejetadas do copo por um determinado dispositivo. As metades da fruta se ajustam dentro do copo e a pressão de ar ajustável segura o copo contra o perfurador giratório, liberando o suco.

Há duas frações de produto recuperadas no extrator de suco Brown, a polpa do suco e o resíduo da casca. Estas frações são recuperadas sob as linhas do extrator para processamento posterior. O suco extraído vai para o *finisher* primário para separar a polpa do suco das membranas, filamentos (*rag*) e sementes. A polpa do suco vai para outro *finisher* para a efetiva separação do suco e da polpa. O resíduo da casca e a descarga do *finisher* primário podem ser enviados para outro processo de subproduto ou para a fábrica de ração (BRADDOCK, 1999).

## 2.4 Melhoria contínua no processamento de sucos cítricos

Como visto no início do capítulo, observa-se que ao longo dos anos o processo de produção industrial de suco concentrado congelado de laranja não apresentou alterações significativas nas principais etapas de produção e nos principais equipamentos. As mudanças têm sido incrementais buscando otimizar e maximizar o rendimento de recuperação dos sólidos disponíveis na fruta, melhorar a qualidade do produto final e minimizar o consumo energético (BARBOSA; CURTOLO, 2005).

Em razão das grandes oscilações ocorridas atualmente (preço da fruta e do suco, variação cambial, influência do consumo no mundo, entre outros), o mercado de suco cítrico tem tido uma necessidade de se adaptar rapidamente às mudanças que estão cada vez mais frequentes e mais rápidas.

O processamento em si não sofreu grandes alterações, mas a forma como as fábricas têm se organizado, as práticas de gestão, políticas de pessoal, estas sim têm sofrido alterações ao longo dos anos.

Considerando que a indústria de sucos cítricos é sazonal, ou seja, não há produção de laranjas continuamente ao longo de todo o ano, até pouco tempo as indústrias operavam de junho a dezembro, deixando seu ativo ocioso por cerca de cinco meses por ano. Esta é uma característica que vem mudando, pois algumas plantas processam o ano todo, com capacidade mais baixa no período de entressafra, mas utilizando seu ativo de forma mais eficiente.

Mudanças e melhorias relacionadas às práticas de gestão também são observadas: implementação de Sistemas de Gestão da Qualidade, englobando os programas de Boas Práticas de Fabricação (*GMP – Good Manufacturing Practices*) e Controle de Perigos e Pontos Críticos de Controle (*HACCP – Hazard Analysis Critical Control Points*), procedimentos e treinamentos relacionados ao *Food Safety*, exigência cada vez mais intensa por parte dos clientes.

Ações relativas aos sistemas de informação e comunicação também têm sido relevantes para a integração das áreas e dos processos. Para a otimização do processo produtivo o conceito de “*Supply Chain*” (Cadeia de Suprimentos) tem sido adotado por algumas empresas do setor, em que há uma integração dos processos entre a matéria-prima, produção e logística.

Uma preocupação maior com a segurança operacional também é observada, com a introdução de diálogos de segurança, atividades de integração com empresas

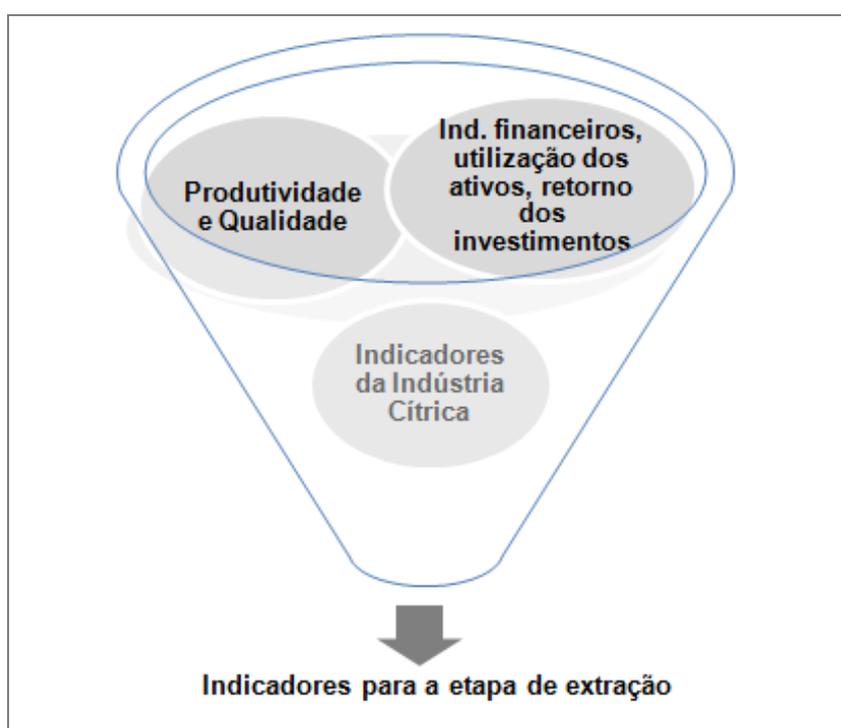
terceirizadas e programas de conscientização dos funcionários com relação a aspectos comportamentais da segurança. A questão ambiental também tem sido alvo de grandes melhorias e atenção. De maneira geral, a área de Segurança, Saúde e Meio Ambiente passou por mudanças significativas nos últimos anos neste setor.

Com relação ao processamento, tem-se uma busca contínua pela máxima recuperação de sólidos e garantia da qualidade dos produtos, ou seja, as empresas processadoras visam obter produtos com qualidade dentro dos padrões exigidos por seus clientes, com a melhor eficiência de extração do suco e seus subprodutos. Muitas ações têm sido feitas no processo, com relação à automação e controles para assegurar estas condições.

É neste contexto de busca por um ponto ótimo entre rendimento e qualidade que este trabalho aborda o desempenho das extratoras de suco e propõe um método para esta avaliação, como mostrado no Capítulo 4.

### 3. DESEMPENHO DE PRODUTOS E PROCESSOS

O objetivo deste capítulo é apresentar uma síntese do referencial teórico sobre conceitos relacionados a desempenho e melhoria de produtos e processos, comumente utilizados no âmbito empresarial e, de forma mais específica, apresentar a sua adequação e a terminologia utilizada na indústria cítrica e, mais especificamente, na operação de extração. De maneira esquemática, a Figura 3.1 mostra os conceitos que são apresentados.



**Figura 3.1:** Indicadores de Desempenho.

#### 3.1 Melhoria contínua

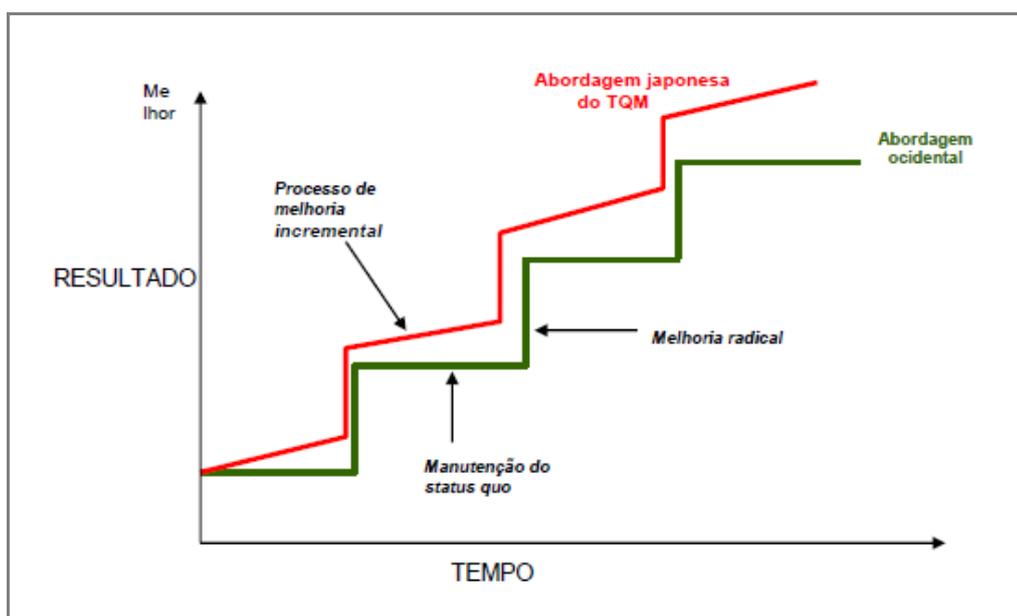
A Melhoria da Qualidade é uma atividade que deve estar presente nas rotinas de toda a empresa. Isto significa que todos os processos empresariais, sejam produtivos ou administrativos, podem e devem ser continuamente avaliados e melhorados. Uma vez que tenha sido determinada a prioridade de melhoria de uma operação, é preciso considerar a abordagem ou estratégia que a empresa deve adotar para realizar o processo de melhoramento (TOLEDO, 1991).

Slack et al. (2002) descrevem duas estratégias particulares que representam filosofias diferentes e, em alguma medida, opostas, mas que devem ser tratadas como complementares, são elas:

**1. Melhoria Revolucionária (Radical):** ou melhoria baseado em “inovação”, presume que o principal meio para melhoria é uma mudança grande e dramática na forma como a operação trabalha. O impacto desses melhoramentos, na operação, é relativamente repentino, abrupto. Eles são raramente baratos, usualmente demandam grandes investimentos de capital, com frequência interrompem ou perturbam os trabalhos em curso na operação e, muitas vezes, envolvem mudanças nos produtos/serviços ou na tecnologia do processo. A tomada de decisão e o planejamento da implantação são mais demorados, mas os efeitos da implantação são relativamente mais rápidos, em relação à outra estratégia de mudança (incremental).

**2. Melhoria Contínua (Incremental):** esta filosofia adota uma abordagem que presume frequentes e menores passos de melhoramento incremental, melhoramentos contínuos envolvendo todos na empresa, administradores e demais trabalhadores. A probabilidade de que o melhoramento vai continuar, ou seja, o processo de melhoria é mais importante que “o tamanho de cada passo” de melhoria.

Estas duas estratégias são esquematizadas na Figura 3.2 a seguir.



**Figura 3.2:** Melhoria revolucionária (radical) e melhoria contínua (incremental).

Melhoramentos de maior magnitude e radicais podem ser implementados se e quando eles são considerados passos de melhoramentos significativos e necessários para a competitividade, mas entre esses eventos de inovações radicais os processos podem continuar passando por melhorias contínuas, discretas e de menor magnitude, sendo esta uma forma de combinar as duas abordagens, em momentos diferentes e adequados. É comum a empresa tratar um melhoramento radical como um projeto específico e a melhoria incremental como um processo contínuo e comportamental.

Independentemente da filosofia adotada, se melhoria radical ou incremental, tem-se que para uma empresa manter-se competitiva no mercado, atualmente, é imprescindível que haja uma estratégia para a melhoria contínua. Um dos vetores ou direcionadores da melhoria é, sem dúvida, o desempenho de produtos e processos.

### 3.2 Desempenho de produto e processo

Segundo Slack et al. (2002) desempenho da produção é definido como o grau em que a produção preenche os cinco fatores de competitividade em qualquer momento para satisfazer seus consumidores. Tais objetivos, segundo esses autores, são: qualidade, velocidade, confiabilidade, flexibilidade e custo.

A medição de desempenho tradicional tem como principal preocupação a medição do uso eficiente dos recursos. Os indicadores de desempenho mais comuns são a produtividade, o retorno sobre o investimento e o custo padrão (MARTINS; COSTA NETO, 1998).

Bastos (2007) relata que a medição de desempenho tradicional da produção é baseada em indicadores que representam a utilização eficiente de recursos, tais como o *OEE- Overall Equipment Effectiveness* (Eficiência Global do Equipamento) e o *TEEP - Total Effectiveness Equipment Performance* (Produtividade Efetiva Total dos Equipamentos).

Harbour (1997) retrata alguns conceitos e definições relacionadas à medição de desempenho, destacando que há um grupo de quatro a seis parâmetros de diferentes aspectos, mas inter-relacionados, que tipicamente inclui medidas de: produtividade, qualidade, oportunidade, tempos de ciclo, utilização de recursos e custos.

Kaplan e Norton (1997) apresentam outra proposta conceitual para definição e avaliação de desempenho, de âmbito mais geral da organização, é o *Balanced Scorecard*, cujo modelo considera quatro perspectivas diferentes:

- a perspectiva dos clientes (tempo, qualidade, desempenho e serviço, e custo);

- a perspectiva interna (os processos críticos para atingir a satisfação dos clientes e a produtividade);
- a perspectiva da inovação (dos produtos e processos); e
- a perspectiva financeira (lucratividade, crescimento e valor para os acionistas).

Estas perspectivas estão relacionadas, respectivamente, às características dos produtos ofertados pela empresa aos clientes, aos processos de negócios críticos para a empresa; à inovação (dos produtos e processos) e ao aprendizado da organização; e, por fim, aos lucros, ao crescimento da empresa e à geração de valor para os acionistas.

Abreu e Martins (2003) consideram a evolução da medição de desempenho em dois momentos:

- a partir do final do século XIX, por mais ou menos um século, a ênfase era dada às medidas de desempenho financeiras, ou tradicionais, como o lucro e a produtividade;
- durante as décadas de 1980 e 1990, teria havido uma mudança devido à revisão das prioridades estratégicas das empresas, passando-se a considerar também a qualidade, flexibilidade, atendimento e entregas confiáveis.

É esta fase que se estende até os dias de hoje, caracterizando-se por incluir indicadores de desempenho não financeiros no conjunto das medidas de desempenho organizacionais.

Slack et al. (2002) afirmam que é improvável reduzir a complexidade do desempenho de um negócio a um único indicador, havendo uma necessidade real de se aplicarem diversos indicadores com o objetivo de atingir os mais diversos aspectos nos quais a estratégia do negócio se realiza, havendo também a necessidade de entender como deve se dar a interação entre esses indicadores, a fim de viabilizar a constituição de ferramentas eficazes de gestão.

No Quadro 3.1 são apresentadas algumas definições de termos comumente utilizados para avaliação de desempenho de equipamentos e processos.

**Quadro 3.1:** Termos e definições de parâmetros de desempenho.

<b>Termo</b>	<b>Definição</b>
Utilização do ativo	É o percentual do tempo total de calendário em que o equipamento está operando.
Paradas não programadas	São todos os eventos não programados que ocasionam a parada de um equipamento. Estas paradas devem ser classificadas, de acordo com o motivo, em: paradas técnicas, paradas operacionais e paradas de qualidade.
Paradas Técnicas	As paradas técnicas são as paradas de equipamento em função de uma falha tanto no equipamento em si, quanto em equipamentos periféricos. Normalmente são ocasionadas por problemas de manutenção.

**Quadro 3.1:** Termos e definições de parâmetros de desempenho. (*continuação*)

<b>Termo</b>	<b>Definição</b>
Paradas Operacionais	São paradas que ocorrem em função da não observação dos procedimentos de operação, como a operação do equipamento fora das especificações ou mesmo erros humanos por parte do operador.
Paradas de Qualidade	São paradas ocasionadas pela falta de suprimentos e matérias-primas fora das especificações, problemas de controle do processo, realização de testes não planejados e resíduos provenientes do próprio processo que possam comprometer a qualidade do produto final.
Tempo de Ciclo Teórico	É o tempo de ciclo previsto para que determinado equipamento consiga produzir determinado produto. Este tempo varia de acordo com o produto desejado e de acordo com a complexidade em se produzir este produto em cada equipamento.
Tempo de Carga	É o tempo planejado para a produção. Neste tempo o equipamento deve operar normalmente e produzir as ordens planejadas. Devem ser considerados também os tempos necessários para configuração do equipamento em função da troca do produto a ser produzido.
Eficiência Global do Equipamento (OEE)	É um indicador de desempenho que representa a eficácia do equipamento em produzir produtos de qualidade na velocidade em que ele está programado para operar.
Tempo Operacional	É a porção do tempo de carga em que o equipamento está efetivamente produzindo.
Taxa de Qualidades	É a relação entre o número de produtos produzidos e o total de produtos produzidos.
Quantidade de Produtos Bons	É o total de produtos produzidos que atende às especificações.
Perda de velocidade	É a redução percentual de velocidade, para a qual o equipamento foi projetado, ocasionada pela produção de determinado produto fora das especificações. Representa a relação entre tempo teórico e tempo real de produção.
Tempo de Parada	É o tempo em que o equipamento permanece parado. Este tipo de parada pode ser planejada ou não e deve ser classificada de acordo com o motivo em Paradas Operacionais e Induzidas.
Paradas Operacionais	São paradas planejadas do equipamento em razão de ações de manutenção, configuração do equipamento por motivo de troca de produto, realização de testes-padrão e carregamento programado de material.
Paradas Induzidas	São paradas não planejadas ocasionadas por razões externas relacionadas ao equipamento, como a falta de matéria-prima, falta de pessoal para operação do equipamento, falta de informações de produção de determinado produto e reuniões não planejadas.
Tempo Teórico de Operação	É o tempo mínimo para produzir uma determinada quantidade de produtos bons. Este tempo é igual ao tempo de ciclo teórico multiplicado pelo número de peças que se deseja produzir.
Produtividade Efetiva Total dos Equipamentos (TEEP)	É o percentual do tempo total de calendário em que o equipamento opera a uma velocidade ideal, produzindo bons produtos.
Tempo Total de Calendário	É o tempo total do calendário (por exemplo, para 1 ano, este tempo é calculado multiplicando os 365 dias por 24 horas do dia e ainda por 60 minutos da hora, obtendo-se o tempo de calendário em minutos).
Desperdício	É a taxa total de desperdício do processo. Deve ser incluído aqui o desperdício estrutural, o desperdício por incidentes, o desperdício por testes e também o desperdício por retrabalho. O desperdício não planejado, ocorrido durante a operação do equipamento, deve ser detectado aqui, apontando inclusive a causa.

Fonte: Bastos (2007).

O OEE é um indicador para medida de desempenho de equipamentos, sendo muito conhecido e utilizado, especialmente, na indústria de semicondutores em que os custos de equipamento constituem de 66% a 75% do custo total de produção. Este indicador foi inicialmente concebido no Japão em 1971 e levado aos Estados Unidos por Nakajima (1988). O OEE representa a taxa entre o que é produzido efetivamente e o volume teórico de produção e é normalmente representado em notação percentual. É um indicador de desempenho que está relacionado a um equipamento, portanto deve ser calculado separadamente para cada equipamento que compõe o processo produtivo (BASTOS, 2007).

De acordo com Hansen (2002), um equipamento com OEE inferior a 65% apresenta um fator elevado de desperdício de capacidade produtiva, o que impacta diretamente na lucratividade da empresa. Valores entre 75% e 85% são considerados muito bons, embora o nível Classe Mundial defina um mínimo de 85% para processos de produção em lote e um mínimo de 90% para processos discretos e contínuos. Indústrias que possuem um fluxo contínuo de produção devem obter um OEE superior a 95%.

Enquanto o OEE mede a efetividade das programações de produção planejadas, a Produtividade Efetiva Total dos Equipamentos - TEEP (*Total Effectiveness Equipment Performance*) mede a efetividade total do equipamento em relação a cada minuto do relógio, ou seja, em relação ao Tempo de Calendário (HANSEN, 2002). Com os valores de TEEP, podem-se descobrir as oportunidades de melhoria de desempenho utilizando os mesmos equipamentos, alterando apenas turnos de trabalho e tempos de operação de máquinas. O TEEP classifica todos os eventos durante todo o tempo de calendário e, por este motivo, deve ser a medida utilizada quando se faz necessário o planejamento de um negócio que requer maior capacidade ou aumento de capital. A consideração deste indicador de desempenho permite que as empresas tomem boas decisões quanto à alocação de tempo para cada recurso disponível. Desta forma, consegue-se um melhor equilíbrio entre a produção efetiva e a capacidade produtiva da planta.

No processo de extração de sucos cítricos, os indicadores comumente utilizados são: horas processadas, disponibilidade, tempo médio entre falhas (*MTBF – Mean Time Between Failure*) e tempo de limpeza ou *CIP – Clean in place*.

Em se tratando de Qualidade, Garvin (1992) elaborou uma importante contribuição sistematizando os enfoques existentes para a qualidade, identificando cinco enfoques principais:

1. **Enfoque transcendental:** qualidade é sinônimo de "excelência nata". Ela é absoluta e universalmente reconhecível.
2. **Enfoque baseado no produto:** por este enfoque a qualidade é definida como uma variável precisa, mensurável e dependente do conteúdo de uma ou mais características do produto. As diferenças na qualidade entre produtos concorrentes seriam reflexo de diferenças qualitativas e quantitativas nas características destes produtos.
3. **Enfoque baseado no usuário:** este enfoque parte da premissa, oposta à anterior, de que a qualidade está nos olhos do consumidor. A qualidade estaria associada a uma visão subjetiva, baseada em preferências pessoais.
4. **Enfoque baseado na fabricação:** o enfoque baseado na fabricação identifica qualidade como "conformidade com especificações". Uma vez que uma especificação de projeto tenha sido estabelecida, qualquer desvio significa redução na qualidade.
5. **Enfoque baseado no valor:** aqui se define qualidade no que diz respeito a custos e preços. De acordo com este enfoque, um produto de qualidade é aquele que no mercado apresenta o desempenho esperado a um preço aceitável, e internamente à empresa apresenta conformidade a um custo aceitável.

Com base no trabalho de Garvin (1992) e de Toledo (1991), tem-se o agrupamento dos parâmetros da qualidade em dimensões, como mostrado no Quadro 3.2.

**Quadro 3.2:** Dimensões e Parâmetros da Qualidade.

<b>Dimensões da Qualidade</b>	<b>Parâmetros da Qualidade</b>
Qualidade de características funcionais intrínsecas ao produto	- Desempenho técnico ou funcional - Facilidade ou conveniência de uso
Qualidade de características funcionais temporais (dependentes do tempo)	- Disponibilidade - Confiabilidade - Manutenibilidade - Durabilidade
Qualidade de conformação	- Grau de conformidade do produto
Qualidade dos serviços associados ao produto	- Instalação e orientação de uso - Assistência técnica
Qualidade da interface do produto com o meio	- Interface com o usuário - Interface com o meio ambiente (impacto no meio ambiente)
Qualidade de características subjetivas associadas ao produto	- Estética - Qualidade percebida e imagem da marca
Custo do ciclo de vida do produto para o usuário	O custo do ciclo de vida do produto, para o usuário, compreende a soma dos custos de aquisição, de operação, de manutenção e de descarte do produto.

Fonte: Adaptado de Garvin (1992) e de Toledo (1991).

O conjunto dessas dimensões e parâmetros compõe a qualidade total de um produto. A qualidade total do produto representa a qualidade experimentada e avaliada pelo consumidor, objetiva ou subjetivamente, na etapa de consumo do produto e em todas as suas dimensões, sejam intrínsecas ou associadas ao produto.

### 3.3 Indicadores de desempenho do processamento de sucos cítricos

#### 3.3.1 Parâmetros de rendimento e eficiência industrial

Na indústria cítrica são utilizados alguns conceitos ou terminologia próprios do setor para a avaliação do rendimento de extração e eficiência do processamento. As definições comumente utilizadas no processamento com extratoras estão apresentadas no Quadro 3.3.

**Quadro 3.3:** Nomenclatura utilizada no processamento da indústria cítrica.

Parâmetros de Rendimento	Descrição
Suco Extraído	É o suco obtido após a extração e consiste do suco propriamente dito e das células (polpa).
Rendimento de Suco Pós-Extratora (%)	É o valor de suco extraído expresso em porcentagem (em peso) do suco pelo peso da fruta.
Suco Primário	É o suco obtido após a etapa de filtração, separado das células. Em função da utilização do equipamento <i>Finisher</i> nesta etapa, este suco também pode ser chamado de Suco <i>Finishado</i> .
Rendimento de Suco Primário (%)	É o valor do suco primário expresso em porcentagem (em peso) do suco pelo peso da fruta. Este valor pode ser expresso com ou sem correção por um indicador chamado <i>Quick Fiber</i> que ajusta o valor do suco primário para um determinado valor de referência.
Polpa (células)	É a parte fibrosa separada do suco na etapa de filtração. Pode ser chamada de polpa ou células, sendo o que popularmente se denomina as “garrafinhas” da laranja.
Rendimento de Polpa (%)	É o valor da polpa expresso em porcentagem (em peso) da polpa pelo peso da fruta. Este valor pode ser expresso com ou sem correção por um indicador chamado <i>Quick Fiber</i> que ajusta o valor da polpa para um determinado valor de referência.
Suco Total (%)	É um valor calculado considerando a soma do valor do suco primário e uma porcentagem do valor da polpa (em peso), representando uma provável recuperação de sólidos do suco e da polpa.
Sólidos Totais (kg/cx)	É um valor calculado considerando a soma do valor do suco primário e uma porcentagem da polpa (em peso) e uma porcentagem do bagaço (em peso), representando uma provável recuperação de sólidos das três frações.
<i>Pulp Wash</i>	Trata-se do produto obtido a partir da recuperação de sólidos da polpa separada na etapa de filtração. A polpa é lavada em sistemas específicos e por difusão, os sólidos presentes na polpa são arrastados pela água e originam um produto natural com sólidos da laranja.

**Quadro 3.3:** Nomenclatura utilizada no processamento da indústria cítrica. (*continuação*)

Parâmetros de Rendimento	Descrição
<i>Core Wash</i>	Trata-se do produto obtido a partir da recuperação de sólidos do bagaço separado na etapa da extração. O bagaço (ou <i>core</i> ) é lavado em sistemas específicos e por difusão, os sólidos presentes no <i>core</i> são arrastados pela água e originam um produto natural com sólidos da laranja.
<i>WESOS</i>	<i>Water Extracted Soluble Orange Solids</i> são os sólidos solúveis de laranja extraídos com água. É a designação dada para os produtos originados na recuperação da polpa e/ou do <i>core</i> ou bagaço.
Rendimento de Óleos (cx/kg)	O rendimento na unidade cx/kg representa a quantidade de caixas necessárias para produzir 1 quilo de determinado óleo produzido (essencial, terpeno ou oilphase).
Rendimento Teórico (cx/t)	É o valor obtido na avaliação da fruta que é descarregada na fábrica, a partir das amostras obtidas das cargas e processadas no chamado Laboratório Preliminar. Este rendimento, expresso em caixas de laranja necessárias para a produção de uma tonelada de suco de laranja concentrado a 66°Brix, é obtido pelo cálculo: 40,8 kg (1 caixa de laranja) x °Brix (sólidos solúveis) x % Suco da fruta (em peso), obtido no processamento da amostra de fruta na extratora do laboratório preliminar.
Rendimento da Fábrica (cx/t)	É o valor obtido na avaliação do processamento da fábrica, ou seja, é calculado dividindo-se o número de caixas processadas em um determinado período pela quantidade de suco produzido, em toneladas, corrigido a 66°Brix.
Eficiência de Recuperação (%)	Este valor mostra a eficiência do processamento, pois é obtido considerando-se a relação entre o rendimento teórico e o rendimento real obtido na fábrica em um determinado período.

Fonte: Adaptado a partir de referências da JBT FoodTech e empresas do setor.

### 3.3.2 Parâmetros de qualidade do suco de laranja

É difícil medir a qualidade de produtos alimentícios, pois as preferências dos consumidores muitas vezes são subjetivas. No caso do suco de laranja, os consumidores em geral consideram, por exemplo, o sabor, a textura (ou “corpo”) e a cor para escolher os produtos a serem adquiridos. Como o suco de laranja é um produto consumido e comercializado mundialmente, diversos parâmetros não subjetivos são utilizados para determinar a qualidade dos sucos.

Borges (1997) relata as principais características do suco de laranja concentrado e congelado demandadas pelos clientes. No Quadro 3.4 são apresentadas as características mais comumente consideradas pelos processadores nos últimos anos. Outros parâmetros específicos podem ser considerados dependendo do mercado a ser atendido do tipo de produto (produtos especiais).

**Quadro 3.4:** Características do suco de laranja.

<b>Características do Suco de Laranja consideradas pelos clientes</b>	<b>Tipos</b>
<b>Físico-Químicas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• °Brix</li> <li>• Acidez</li> <li>• Ratio</li> <li>• % Óleo</li> <li>• Bottom Pulp</li> <li>• Viscosidade</li> <li>• Vitamina C</li> <li>• Número de Formol</li> <li>• Estabilidade</li> </ul>
<b>Análises Especiais</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pectina</li> <li>• Hesperidina</li> <li>• Limonin</li> <li>• Açúcares: Glicose, Frutose, Sacarose</li> <li>• Ácidos: Cítrico, Isocítrico, Málico</li> <li>• Prolina</li> </ul>
<b>Organolépticas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cor</li> <li>• Sabor</li> <li>• Defeitos</li> </ul>
<b>Microbiológicas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contagem Total</li> <li>• Bolors e Leveduras</li> <li>• Alicyclobacillus</li> </ul>
<b>Práticas de processo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Autenticidade do Produto</li> <li>• Controle de Pesticidas</li> <li>• Controle de Metais Pesados</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Borges (1997).

O suco de laranja industrializado é avaliado com base em alguns parâmetros físico-químicos e microbiológicos. A descrição dos principais parâmetros físico-químicos utilizados para avaliar a qualidade do suco de laranja na indústria é apresentada no Quadro 3.5.

**Quadro 3.5:** Parâmetros de qualidade do suco de laranja.

<b>Parâmetros</b>	<b>Descrição</b>
<b>Análises Especiais</b>	
<b>Pectina (ppm)</b>	A avaliação da pectina é feita pela medida do ácido galacturônico, estando associada às partes sólidas dos tecidos da fruta. Altos valores de pectina podem estar relacionados à geleificação do produto concentrado.
<b>Hesperidina (ppm)</b>	São flavonóides presentes na casca, albedo e partes sólidas da fruta, assim como solúvel no suco. A hesperidina se deposita nos trocadores de calor, reduzindo sua capacidade. Quando a película formada se desprende das paredes do evaporador, causa o aparecimento de pontos brancos no suco, que são avaliados como “defeito”.
<b>Limonina (ppm)</b>	Esta substância é parte integrante da fruta e é responsável pelo amargor do suco. Ela apresenta-se distribuída pela fruta, com maior concentração nas sementes.

**Quadro 3.5:** Parâmetros de qualidade do suco de laranja. (*continuação*)

Parâmetros	Descrição
<b>Análises Físico-Químicas</b>	
<b>°Brix (graus Brix)</b>	O termo “°Brix” é a expressão da porcentagem (em peso) de sacarose em uma solução pura. O °Brix para o suco de laranja refere-se ao conteúdo de sólidos solúveis (medido em açúcares e ácidos) presentes na amostra considerada. A leitura do Brix é feita em refratômetro (brix direto) e soma-se uma correção pela acidez (brix corrigido).
<b>Acidez (g/100g)</b>	A acidez refere-se ao conteúdo de ácido presente no suco, medido por titulação com solução alcalina. O conteúdo de acidez é normalmente expresso como ácido cítrico, mas há outros ácidos que estão presentes e contribuem em este valor (málico, oxálico). A acidez é importante na avaliação do sabor (ou <i>flavor</i> ), pois está relacionada ao grau de maturação da fruta.
<b>Ratio</b>	A palavra <i>ratio</i> significa relação, razão ou proporção e é usada para expressar a relação entre o °Brix e a acidez, variando de acordo com a maturação da fruta.
<b>Óleo Essencial (%)</b>	O conteúdo de óleo no suco contribui para o sabor ( <i>flavor</i> ) do suco, entretanto deve estar em quantidades adequadas para garantir o aspecto de frescor. Para o FCOJ, como os compostos voláteis são perdidos durante a etapa de concentração, estes aromas são reincorporados na etapa de padronização ou <i>blendagem</i> . Já o NFC apresenta especificação para o conteúdo de óleo no suco.
<b>Bottom Pulp (%) ou Polpa Centrifugada</b>	O <i>bottom pulp</i> consiste no material em suspensão presente no suco fresco ou diluído que se deposita sob centrifugação em laboratório. A quantidade é reportada em porcentagem em volume.
<b>Defeitos</b>	A avaliação de defeitos consiste na observação visual do suco fresco ou diluído com relação à presença de partículas de sementes, albedos, filamentos, hesperidina. Existem métodos e especificação para esta análise, pois são defeitos que podem afetar a aparência ou palatabilidade do suco.
<b>Número de Formol (ml)</b>	Este parâmetro é um indicativo da maturação da fruta, ou seja, quando muito abaixo dos valores de referência pode-se associar a frutas não maduras. O número de formol aumenta com o grau de maturação da fruta e também com altas pressões de extração do suco.
<b>Prolina (mg/l)</b>	É um dos aminoácidos presentes em maior quantidade no suco de laranja e está associado ao grau de maturação da fruta. Sucos da região norte do Brasil e América Central apresentam baixos valores de prolina. Há uma correlação entre prolina e o número de formol.

Fonte: Adaptado de Redd, Hendrix e Hendrix (1986).

### 3.4 Avaliação de desempenho

Todas as operações, não importam quão bem gerenciadas, são passíveis de intervenções para melhoria do desempenho. Desta forma, existem abordagens e técnicas que podem ser adotadas para melhorar os processos de produção ou administrativos e de negócios. Antes de ser melhorado, o desempenho de qualquer operação precisa ser medido, para que seja efetivamente mensurado e analisado. Assim, após ser medido o desempenho de uma

operação, é necessário realizar a análise de seu desempenho (por exemplo, se está bom, ruim ou regular), comparando-o a um padrão de referência.

Segundo Harbour (1997), as empresas usam avaliação de desempenho para ajudar a atingir os níveis de *performance* desejados e, para o autor, a melhor abordagem é:

- estabelecer a linha de base, ou seja, definir o padrão de referência para o desempenho avaliado;
- calcular a redução ou ganho que se deseja;
- avaliar qual é a diferença entre o real e o desejado;
- desenvolver e implantar um processo de melhoria; e
- passar a monitorar e avaliar.

Para isso é imprescindível medir e avaliar o desempenho com base em alguma referência ou padrão. Slack et al. (2002) apresentam os quatro tipos de padrões mais comumente utilizados:

- *Padrões históricos*: comparação do desempenho atual com desempenhos anteriores, podendo julgar se uma operação está melhorando ou piorando com o tempo. Entretanto, esses padrões não oferecem nenhuma indicação de que o desempenho poderia ser considerado satisfatório.
- *Padrões de desempenho definidos a partir de metas*: são aqueles estabelecidos arbitrariamente para refletir algum nível de desempenho que é considerado como adequado ou razoável.
- *Padrões de desempenho da concorrência*: comparação do desempenho atual com o atingido por um ou mais concorrentes. Neste caso relaciona-se o desempenho de uma operação diretamente à habilidade dos concorrentes no mercado e esses padrões são bastante úteis no que diz respeito a melhoramento de desempenho com perspectiva estratégica.
- *Padrões de desempenho absolutos*: são os padrões que são assumidos em seus limites teóricos. Esses padrões são, talvez, nunca atingíveis na prática, mas permitem a uma operação calibrar-se em relação ao limite teórico, indicando o quanto a operação poderia, teoricamente, melhorar.

Em se tratando de avaliação de desempenho, uma das questões importantes a ser decidida por qualquer gerente de produção é a prioridade relativa de seus objetivos de desempenho. Para fazer isso, deve-se considerar que a possibilidade de melhorar o desempenho para atingir um objetivo pode significar o sacrifício de algum outro fator ou objetivo de desempenho. Ou seja, deve-se considerar a "troca" de um aspecto de desempenho

por outro. Essa ideia é denominada *paradigma de compromisso (ou de "troca")* e, levada ao extremo, implica que o melhoramento do desempenho em um aspecto pode ser obtido às custas do desempenho em outro. "Nada vem de graça" pode ser a expressão que resume a teoria dos compromissos (em língua inglesa, *trade-offs*). (SLACK et al., 2002)

Neste contexto de definições e conceitos sobre desempenho econômico e técnico de produtos e processos é que se deseja inserir a avaliação de desempenho da etapa de extração da indústria cítrica.

Considerando-se o alto investimento que se faz nos ativos deste tipo de indústria, é extremamente importante obter o máximo de rendimento de extração de sólidos da fruta. Extrair sólidos da laranja não é uma tarefa difícil, não fosse pela complexidade de característica da fruta e parâmetros da qualidade que devem ser atendidos pelo suco e seus subprodutos. Desta forma, tem-se que para uma avaliação consistente da etapa de extração, não é recomendável levar em consideração somente os tradicionais métodos e indicadores de desempenho. É de notória relevância que sejam consideradas as peculiaridades deste segmento (variedade de fruta, produtos fabricados, qualidade ao longo da safra, influências climáticas e impactos em cada safra, entre outros) além das especificidades de cada processador e de cada planta em particular.

Portanto, para uma avaliação completa e abrangente da etapa de extração de suco na indústria cítrica, recomenda-se identificar as variáveis e indicadores de rendimento e qualidade relevantes para cada situação em particular e estabelecer uma forma sistematizada de avaliar o desempenho, baseado nas premissas definidas pelo investigador. É neste cenário de múltiplas variáveis que se estabeleceu a proposta de método para avaliação do processo de extração de sucos cítricos apresentada no capítulo seguinte.

## **4. MÉTODO PROPOSTO PARA AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE EXTRAÇÃO DE SUCOS CÍTRICOS**

Este capítulo apresenta a proposta do método desenvolvido para avaliação do processo de extração de sucos cítricos, etapa da indústria processadora de citros em que há grande influência dos parâmetros de rendimento e qualidade, além de outros indicadores de desempenho relativos à produtividade e aspectos econômicos. É um método necessário e relevante para o setor, porque apresenta de forma simples e estruturada as fases, atividades e ferramentas que compõem a avaliação desta etapa do processamento, sendo muitas delas conhecidas e utilizadas pelos processadores e envolvidos do segmento cítrico.

### **4.1 Método de pesquisa**

Para o desenvolvimento do método proposto, a pesquisa foi realizada tendo como objeto de estudo o processo de extração de sucos cítricos, englobando as etapas:

- ✓ Revisão teórica sobre o setor cítrico e desempenho técnico e econômico de processos e produtos;
- ✓ Aquisição de conhecimentos sobre o segmento cítrico junto a especialistas do setor, visitas técnicas, entrevistas e experiência pessoal para a descrição do segmento;
- ✓ Desenvolvimento do método para avaliação do desempenho do processo de extração de sucos cítricos e aplicação em situações reais;
- ✓ Estruturação do método e ilustração de uma aplicação.

Em relação à aquisição de conhecimentos sobre o segmento cítrico, suas características e peculiaridades, foram consideradas publicações específicas da área e a experiência pessoal da autora de quase dezessete anos de trabalho junto às diferentes áreas da cadeia de processamento de citros: Controle e Garantia da Qualidade, Produção & Planejamento da Produção, Engenharia de Processos e fornecimento de equipamentos para a indústria cítrica. Ao longo de quase duas décadas de atuação da autora junto aos processadores de sucos cítricos, em diferentes áreas, foi possível acompanhar as mudanças e melhorias dos conceitos de gestão da produção e da qualidade neste segmento industrial, adquirindo um conhecimento abrangente do cenário em que a extração do suco está inserida.

Procurou-se utilizar as informações obtidas junto aos atores e especialistas do setor para a definição das variáveis, necessidades e expectativas com relação a um método formalizado para avaliação da operação de extração de sucos cítricos.

O desenvolvimento do método foi feito considerando conceitos teóricos e a experiência prática de realização de testes comparativos, tanto em condições controladas (Planta Piloto) como na linha de processamento (Campo), junto aos processadores e em uma empresa fornecedora de equipamentos para extração de suco, considerando o cenário em que a citricultura e os processadores estão inseridos nos últimos dez anos.

A aplicação do método se deu basicamente no período de 2009 a 2010 em diferentes situações: análises comparativas de alternativas de tecnologias e soluções de extração, desenvolvimento de novos produtos e melhorias nos equipamentos existentes (melhorias incrementais em componentes e subsistemas do equipamento).

As etapas, atividades e ferramentas foram definidas com base em discussões técnicas com representantes das indústrias processadoras, especialistas do setor e de fornecedores de equipamentos para extração de sucos cítricos, a fim de incluir o maior número de possibilidades e conhecimentos, visto que o método inclui etapas, atividades e variáveis, as quais podem ser omitidas e/ou adaptadas dependendo do objetivo e propósito de aplicação.

## **4.2 Considerações iniciais e contextualização para elaboração do método proposto**

### **4.2.1 Considerações relativas a método**

Na acepção primeira, método é o modo de se fazer algo. Um método é adotado quando se deseja resolver um problema e garantir bons resultados. De acordo com Marconi e Lakatos (1995), método, no sentido geral do termo, é o conjunto das atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar o objetivo proposto, traçando o caminho a ser seguido, detectando os erros e analisando as decisões do cientista.

Oliveira (1998) afirma que o método assinala um percurso escolhido entre outros possíveis. No entanto, não é sempre que o pesquisador tem consciência de todos os aspectos que envolvem este seu caminhar, mas nem por isso deixa de assumir um método. Ou seja, o método não representa tão somente um caminho qualquer entre outros, mas um caminho seguro, uma via de acesso que permita interpretar com a maior coerência e correção possíveis as questões sociais propostas num dado estudo, dentro da perspectiva abraçada pelo pesquisador.

Descartes (2009) propôs quatro regras do método, que podem ser seguidas e adotadas por qualquer pessoa em qualquer aplicação, sendo elas:

- 1ª regra: estipula não aceitar nada como verdadeiro sem antes ter passado pelo crivo da razão;
- 2ª regra: tudo o que aparece como complexo deve ser dividido em tantas partes simples quanto possíveis;
- 3ª regra: uma vez feito o processo de simplificação, ele deve seguir um ordenamento, de modo que a remontagem para o composto ou complexo possa ser feita sem desvios, os quais podem prejudicar a verdade almejada. Trata-se do estabelecimento de uma ordem lógica, necessária entre esses elementos simples, e não de uma mera sucessão temporal;
- 4ª regra: como esse procedimento pode ser retomado e repetido por qualquer um, ele deve dar lugar a tantas revisões quanto necessárias, de modo que as contribuições e objeções de todos possam ser levadas em consideração, pois ela é a condição mesma de estabelecimento da verdade.

Considerando-se as quatro regras de Descartes, observa-se que ao estabelecer um método, a divisão em etapas e o detalhamento sequencial e lógico das atividades são pontos centrais e que é importante que tal procedimento seja passível de avaliação, revisão e adaptação.

Grubisic e Ogliari (2009) apresentam um método para gerenciamento de riscos no PDP (Processo de Desenvolvimento de Produto), composto por fases de identificação, análises integradas e tratamento dos riscos, sendo que cada fase é composta por atividades, métodos e ferramentas.

Desta forma, pode-se dizer que método é sempre uma sequência de etapas, de ações ou atividades planejadas e detalhadas, definidas em uma dada ordem a fim de estabelecer a avaliação de um determinado fenômeno.

No presente trabalho, o método apresentado tem o propósito de identificar as entradas e saídas (dados e informações) do processo de extração de suco, assim como as fases (ou etapas), atividades, controles e ferramentas (ou técnicas) utilizadas como suporte às atividades. A Figura 4.1 ilustra o conceito geral de processo adotado como referência para a definição do método de avaliação do processo de extração de suco cítrico.

O desenvolvimento do método proposto então se baseou no tripé: referencial teórico, conhecimento de especialistas ou *experts* do setor e na experiência pessoal da autora do trabalho.



**Figura 4.1:** Estrutura geral para definição do método proposto.

Foram consideradas algumas informações para nortear o desenvolvimento do método, tendo sido estabelecidas algumas características relativas à abrangência, público-alvo e condições a serem atendidas pelo método, como apresentado no Quadro 4.1.

**Quadro 4.1:** Características do método proposto.

<b>Características do Método</b>	<b>Detalhamento</b>
<b>Abrangência e finalidade/aplicabilidade do Método</b>	<p>A abrangência do método restringe-se às atividades de avaliação do desempenho da etapa de extração de suco cítrico no que diz respeito a Rendimento de extração de sólidos &amp; Qualidade do suco, podendo ser utilizado para:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenvolvimento de novos produtos (equipamentos para extração de suco);</li> <li>• Comparativo de tecnologias de extração;</li> <li>• Inspeção e/ou caracterização da fruta processada;</li> <li>• Controle e acompanhamento de processos produtivos;</li> <li>• Caracterização / Avaliação do desempenho atual;</li> <li>• Melhoria contínua dos produtos existentes e processos produtivos.</li> </ul> <p>A finalidade do método apresentado é viabilizar a avaliação da etapa de extração para garantir que o maior número de variáveis foram consideradas e assegurar a confiabilidade da avaliação.</p>
<b>Público-alvo do Método</b>	<p>Os principais clientes diretos deste método, conforme apresentado na Figura 4.2, são:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- processadores de sucos cítricos, que têm na etapa de extração uma das fontes primárias de impacto na eficiência geral do processamento e por isso buscam constantemente avaliar e melhorar esta etapa;</li> <li>- fabricantes de equipamentos para extração de sucos cítricos, que como fornecedores de suporte tecnológico, estão continuamente servindo-se de testes e avaliações de seus produtos;</li> <li>- pesquisadores de universidades, centros de pesquisa e demais profissionais envolvidos neste segmento, que necessitam de avaliação da etapa de extração nos seus trabalhos científicos.</li> </ul>
<b>Condições a serem atendidas pelo Método</b>	<p>Para a concepção deste método há algumas condições essenciais a serem atendidas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- que o método seja simples, ou seja, que seja de fácil execução por parte das pessoas envolvidas e não impacte significativamente no cotidiano do processamento e das atividades industriais;</li> <li>- que o método seja confiável, ou seja, se seguidas as recomendações propostas, ao final do período de aplicação (recomenda-se ao menos uma safra), a avaliação gere dados e resultados que possam ser usados para tomadas de decisão.</li> </ul>

Fonte: Elaborado a partir de Lima (2005).

O público-alvo atingido pelo método de avaliação do processo de extração de sucos cítricos proposto neste trabalho é apresentado de forma esquemática na Figura 4.2.

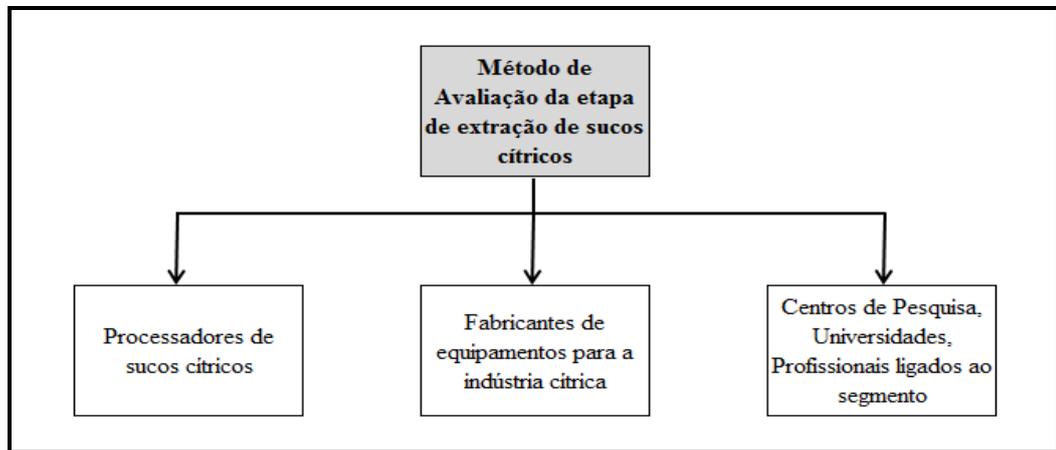


Figura 4.2: Público-alvo do método.

#### 4.2.2 Contextualização do processo de extração

É nesta etapa que os parâmetros de rendimento de extração de suco (ou rendimento industrial) e de qualidade do suco começam a ganhar forma.

Assim como na grande maioria das empresas dos diversos setores econômicos, de um modo geral, nos últimos anos, a indústria cítrica também vem trabalhando fortemente no aprimoramento e melhoria de seus processos buscando a maximização do rendimento industrial e a redução de custos, além de garantir o atendimento aos padrões de qualidade dos produtos exigidos pelos seus clientes, os quais estão cada vez mais rigorosos.

Dentro deste contexto, pode-se considerar que a extração contribui de forma significativa na busca destes objetivos. A Figura 4.3 mostra o processo de extração de sucos cítricos em termos de entradas e saídas.

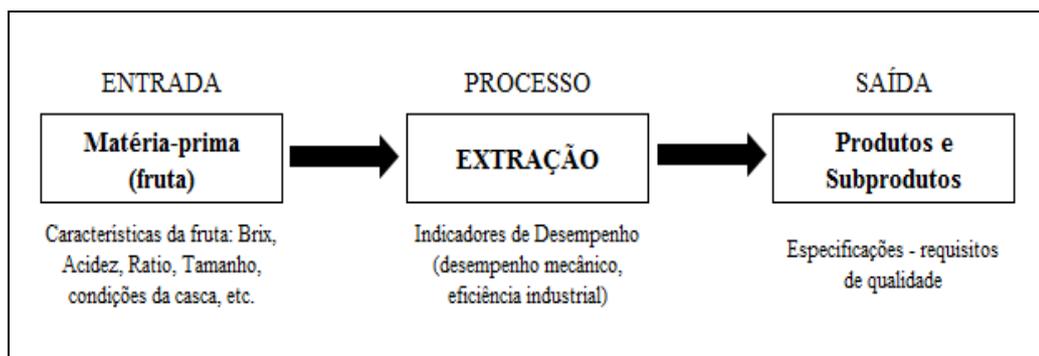


Figura 4.3: Entradas e Saídas do processo de extração de sucos cítricos.

O processo de extração de sucos cítricos tem como **entrada** o fornecimento da matéria-prima básica: o suprimento de frutas para serem processadas em um determinado período de tempo. A laranja é uma fruta *não climatérica*, ou seja, depois de colhida diminui a respiração de maneira contínua até a sua morte. Frutas *não climatéricas* não apresentam a capacidade de amadurecer depois da colheita, não ficam “doces” ou melhoram o sabor. Algumas podem até ficar mais moles e mudar de cor, mas se forem colhidas imaturas (“azedas” ou pouco doces), continuarão assim até o final do processamento. (FACHINELLO et al., 1996).

As **saídas** do processo de extração são os produtos e subprodutos dentro das especificações de qualidade e requisitos planejados para o produto deste processo.

Como medidas de monitoramento e controle deste processo, podem ser adotados indicadores de desempenho que englobam índices de desempenho mecânico dos equipamentos (como por exemplo: produtividade, disponibilidade, tempo entre falhas) e os índices específicos do processamento de sucos cítricos que são o rendimento de extração e a eficiência industrial, nomenclatura típica utilizada pelos processadores.

Por isso, a avaliação do processo de extração do suco em termos de eficiência e eficácia deve ser feita considerando-se vários fatores, que englobam essas diferentes perspectivas de desempenho técnico e econômico:

1. Características e qualidade da matéria-prima;
2. Rendimento e Eficiência de Extração de sólidos, indicadores de desempenho específicos e típicos na indústria cítrica;
3. Qualidade do suco e dos subprodutos obtidos;
4. Outros indicadores de desempenho mecânico: produtividade, disponibilidade, tempos de paradas, tempo de limpeza, tempo entre falhas, etc.

O presente trabalho está focado nos itens 1 a 3, não fazendo referência a outros indicadores de desempenho mecânico.

A maior dificuldade para avaliar o processo de extração consiste no número de variáveis possíveis de serem consideradas, tanto para o rendimento de extração como para a avaliação da qualidade do suco.

No Capítulo 2 foi discorrido sobre o processamento de citros e a busca pela melhoria contínua em um processo que não sofreu grandes mudanças nos seus equipamentos ao longo dos anos. Considerando que a matéria-prima deste processo, a laranja, também não sofreu alterações ao longo dos anos no que diz respeito à quantidade de sólidos disponíveis,

tem-se que a busca da melhoria do rendimento de extração de sólidos passa por dois pontos imprescindíveis ao processamento cítrico e que são concorrentes entre si: o rendimento de extração e a qualidade do produto. Busca-se a maximização de ambos, entretanto, para obter maior rendimento de extração de suco, dependendo da qualidade da matéria-prima, a qualidade do suco poderá ser comprometida, em função da incorporação de compostos indesejáveis ao suco durante a extração.

A melhor forma de explicar esta condição é utilizar a expressão *trade-off*, uma expressão do inglês que define uma situação em que há conflito de escolha. O *trade-off* se caracteriza em uma ação econômica que visa à resolução de um problema, mas acarreta outro, obrigando uma escolha. Ocorre quando se abre mão de algum bem ou serviço distinto para se obter outro bem ou serviço distinto. Um *trade-off* se refere, geralmente, a perder uma qualidade ou aspecto de algo, mas ganhando em troca outra qualidade ou aspecto. Isso implica que uma decisão seja feita com completa compreensão tanto do lado bom, quanto do lado ruim de uma escolha em particular (SLACK et al., 2002).

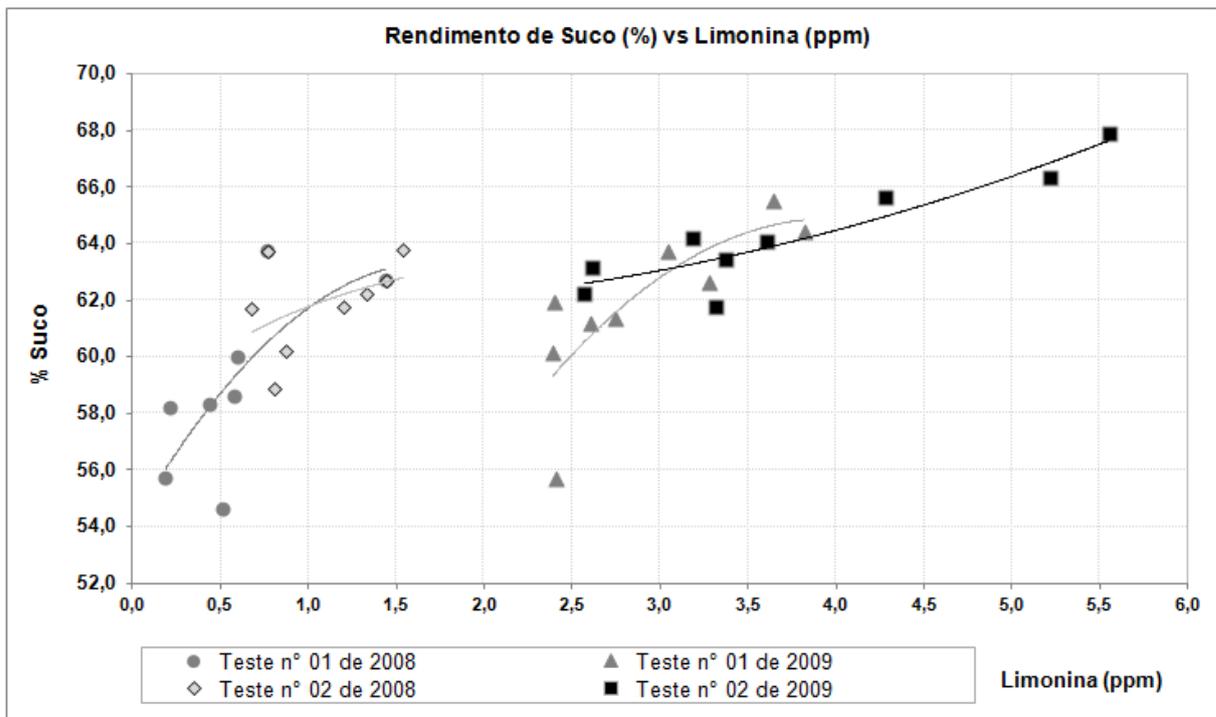
No caso do processo de extração de suco, partindo-se da extração de suco manual como referência de excelência em qualidade, tem-se que à medida que se busca maior rendimento de extração, ou seja, à medida que se faz ajustes no sistema de extração para obter mais suco da mesma fruta, a qualidade tende a piorar em alguns parâmetros. Um processo de industrialização dificilmente entregará um produto com qualidade superior à da sua matéria-prima, ou seja, a industrialização consegue manter a qualidade inicial ou reduzi-la, conforme o rendimento for maximizado. A Figura 4.4 ilustra este conceito.



Figura 4.4: Trade-off entre Rendimento de extração e Qualidade do suco.

Um exemplo deste fenômeno pode ser visto na Figura 4.5 que mostra alguns resultados de testes realizados com a variedade de fruta (laranja) Valência nos anos de 2008 e 2009 em diferentes condições de extração, ou seja, utilizando-se regulagens variadas na extratora, gerando variações no rendimento de extração.

O gráfico mostra os valores de rendimento de extração (porcentagem de suco) no eixo “Y” e, no eixo “X” os valores de limonina contido no suco para cada uma das condições de extração. Como descrito no Capítulo 3, a limonina é o composto responsável por conferir o amargor ao suco e é considerado um dos parâmetros de qualidade mais importantes para avaliação do suco.



**Figura 4.5:** Rendimento de Extração vs Limonina.

Fonte: Elaborada pela autora a partir de resultados de testes em Planta Piloto (JBT).

Observa-se que nos testes n° 01 de 2008 e n° 02 de 2008 há um aumento na porcentagem de suco sem impactar significativamente os valores de limonina, ou seja, nas condições de extração testadas há uma produção que varia de 54% a 64% de suco e pequena ou mínima variação nos valores de limonina (resultados contidos no intervalo de 0 a 1,5 ppm).

Já nos testes n° 01 de 2009 e n° 02 de 2009, a variação na produção de suco para diferentes condições de extração é semelhante à encontrada em 2008, entretanto, com um impacto maior na variação dos valores de limonina, visto que os resultados para este

parâmetro variaram de 2,5 a 5,5 ppm, estando todos bem acima dos valores obtidos em 2008. Isso se deve às condições da fruta que diferiram significativamente de um ano para outro.

Este fenômeno muitas vezes ocorre na indústria cítrica, ou seja, utilizando os mesmos equipamentos, as mesmas condições de extração, podem ser obtidos produtos completamente diferentes, pois a qualidade do suco está diretamente relacionada com as características da matéria-prima e não somente com o processo de extração.

Na Figura 4.5 é notória a diferença na qualidade do suco para as mesmas condições de extração, ou seja, o impacto no deslocamento das curvas para valores maiores de limonina está associado às características da fruta que mudaram de uma safra para outra.

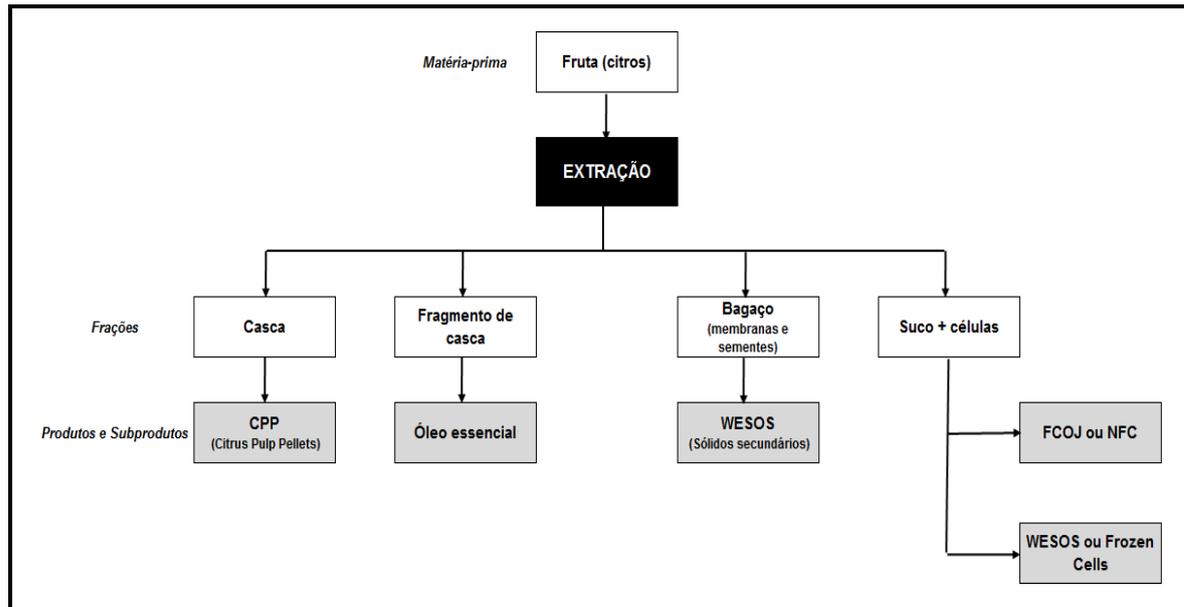
É neste cenário, com influência direta das condições climáticas nas características da matéria-prima e destas no perfil de extração que é proposto o método para avaliação do processo de extração de sucos cítricos. O método busca atender as premissas de maximização do rendimento industrial e de minimização dos custos de produção, os quais são fortemente dependentes das características e qualidade da matéria-prima, tendo que atender às especificações do produto final.

Trata-se de um grande desafio para os gestores, pois as decisões relativas à produção (definição de regulagens para o sistema de extração *vs* atendimento às especificações dos produtos) devem ser tomadas de maneira muito consciente, avaliando-se as vantagens e os riscos de cada um dos movimentos.

### **4.2.3 Identificação das variáveis do método**

Para um melhor entendimento das variáveis que foram consideradas no método, é interessante relembrar os principais produtos e subprodutos originados na etapa de extração, como mostra a Figura 4.6.

Observa-se que para a avaliação de desempenho da etapa de extração devem ser consideradas as frações geradas após a extração (produtos e subprodutos), em função de seu valor agregado. Dependendo das condições econômicas (por exemplo, o preço da fruta e preço do suco no mercado internacional), ambientais (condições climáticas que influenciam diretamente na qualidade do suco e outros produtos) e operacionais (capacidade de produção instalada, condições dos equipamentos, custos de produção, insumos, etc.), a definição e priorização para a obtenção de cada uma das frações pode variar de uma safra para outra e de uma planta para outra, pois são fatores que estão intimamente ligados às decisões estratégicas da indústria processadora de suco.



**Figura 4.6:** Produtos e subprodutos gerados a partir da extração.

Desta forma, pode-se dizer que as variáveis deste método estão associadas às condições e características da matéria-prima, ao rendimento de extração e à qualidade dos produtos. O Quadro 4.2 ilustra as variáveis consideradas para a proposição do método para avaliação do processo de extração de sucos cítricos, pois estas são as variáveis tradicionalmente utilizadas na indústria.

**Quadro 4.2:** Variáveis consideradas no método para avaliação do processo de extração de sucos cítricos

MATÉRIA-PRIMA	RENDIMENTO DE EXTRAÇÃO DE SUCO	QUALIDADE DOS PRODUTOS (SUCO)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variedades: Hamlin, Pera Rio, Valência, Natal</li> <li>• Estágio de maturação</li> <li>• Tamanho da fruta</li> <li>• Origem da fruta (região)</li> <li>• Tratos culturais e características do pomar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suco Primário e Suco Total</li> <li>• Polpa (Células e / ou WESOS) e Bagaço (WESOS)</li> <li>• Recuperação de Óleo Essencial e de Sólidos no CPP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análises Físico-Químicas principais: % Óleo no suco, <i>Bottom Pulp</i>, Viscosidade</li> <li>• Análises Especiais: Pectina, Hesperidina, Limonin</li> <li>• Sensoriais e Microbiológicas</li> </ul>

Fonte: Elaborado pelo autor

Para se avaliar o *trade-off* “Rendimento vs Qualidade” é importante e necessário considerar e avaliar as características da matéria-prima, pois o comportamento de extração é diferente para cada tipo de fruta cítrica, assim como os dados de qualidade dos produtos. Além disso, cada um dos parâmetros de rendimento e qualidade poderá ter um peso diferente para cada empresa processadora e até mesmo para cada planta em particular, pois

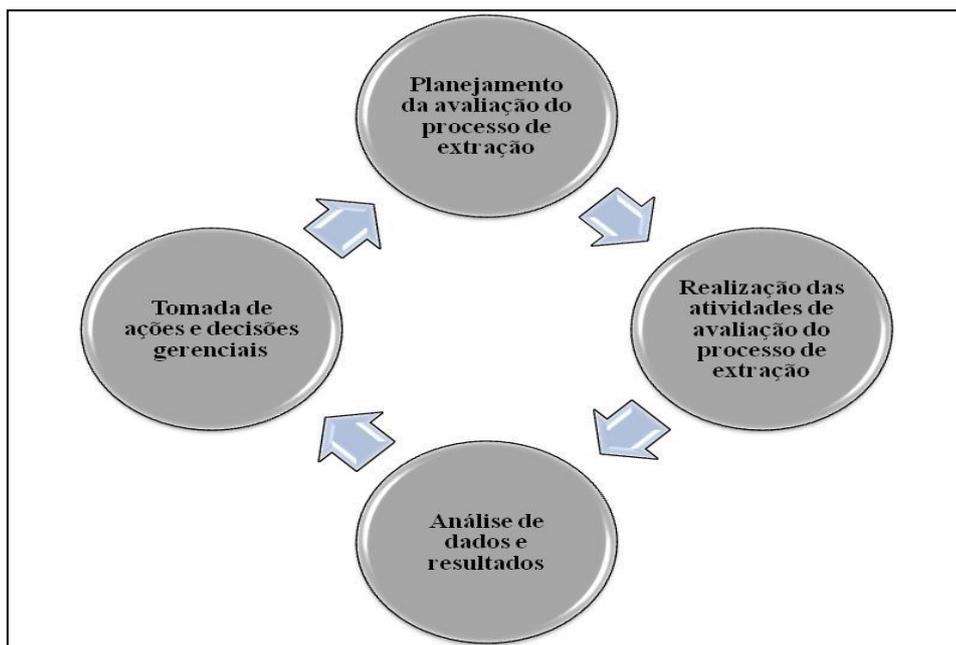
estes parâmetros estão diretamente relacionados às variáveis de processo que são: instalação (capacidade de produção e limitações de equipamentos e processo), insumos necessários à produção (por exemplo, disponibilidade de vapor e água), tipos de produtos fabricados na planta, entre outros.

Com a apresentação das variáveis consideradas no método, as etapas e suas atividades podem ser detalhadas, como descrito na seção seguinte.

### 4.3 Apresentação do método

A avaliação do processo de extração de sucos cítricos inicia-se a partir de uma **necessidade** que pode se manifestar por questões de ordem econômica (melhorar o rendimento de extração de suco e/ou de algum subproduto, reduzir custos de peças e manutenção), ambiental (condições climáticas e características da fruta), mudanças no produto (novos produtos ou atendimento a algum parâmetro específico de qualidade), entre outros.

O método proposto é dividido em etapas e estas em atividades que se desdobram a partir desta necessidade identificada. O esquema geral do método tem quatro etapas, como mostra a Figura 4.7, que é baseado no ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Action*), de forma que seja feito o planejamento, a execução propriamente dita, a análise dos dados gerados e a avaliação e ação gerencial final do processo de extração de sucos cítricos.



**Figura 4.7:** Etapas ou fases do método proposto.

No método proposto, estas quatro etapas principais são compostas de atividades, para as quais são definidos controles e ferramentas que podem ser aplicadas, como apresentado no Quadro 4.3.

**Quadro 4.3:** Atividades, controles e ferramentas do método.

<b>Etapas</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Atividades</b>	<b>Controles</b>	<b>Ferramentas ou Técnicas de Suporte</b>
<b>1. Planejamento da avaliação do processo de extração</b>	A partir da necessidade identificada, estabelecer os objetivos e premissas para o plano de testes.	1.1. Definição do(s) objetivo(s). 1.2. Identificação e caracterização dos parâmetros de rendimento e qualidade que serão considerados. 1.3. Identificação e caracterização dos indicadores de desempenho relativos ao processamento que serão monitorados. 1.4. Definição das equipes envolvidas, das responsabilidades, dos recursos necessários, do cronograma geral. 1.5. Elaboração do protocolo de testes detalhado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cronograma / período de testes.</li> <li>• Variedade da fruta.</li> <li>• Tamanho da fruta.</li> <li>• Número de testes por variedade.</li> <li>• Condições do teste (Planta Piloto e/ou Campo).</li> <li>• Parâmetros de rendimento e qualidade.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Brainstorming</i>.</li> <li>• Reuniões de discussão.</li> <li>• Listas de verificação.</li> </ul>
<b>2. Realização das atividades de avaliação do processo de extração</b>	Executar o plano de testes proposto, no período estabelecido para tomada de dados.	a. Treinamento das equipes em segurança e procedimento de testes. b. Detalhamento dos procedimentos de testes. c. Detalhamento dos cronogramas (semanal/quinzenal). d. Implantação dos controles e registros. e. Execução dos testes: coleta de amostras e dados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planejamento dos testes.</li> <li>• Ordens de Produção.</li> <li>• Especificação de produtos.</li> <li>• Registros de testes e de produção.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tomada de dados.</li> <li>• Coleta de amostras.</li> <li>• Análises de laboratório.</li> </ul>
<b>3. Análise de Dados e Resultados</b>	Organizar os dados obtidos e proceder às análises dos resultados.	3.1. Organização dos dados. 3.2. Aplicação de técnicas de análise estatística. 3.3. Elaboração de relatórios e apresentações.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planilhas de dados .</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gráficos cronológicos.</li> <li>• Curvas de Rendimento e Qualidade.</li> <li>• Análises estatísticas.</li> </ul>
<b>4. Tomada de decisão e ações gerenciais</b>	Avaliar os resultados obtidos e tomar as decisões com base na estratégia adotada.	4.1. Reuniões técnicas e gerenciais. 4.2. Avaliação do andamento das atividades. 4.3. Definição de correções/alterações. 4.4 Aprovação / Reprovação / Implementação e acompanhamento das ações de melhoria.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relatórios gerenciais.</li> </ul>	Técnicas de análise de decisão: matriz de decisão, viabilidade econômica, análise de custo x benefício, entre outras.

### 4.3.1 Detalhamento das atividades do método

Nesta seção estão detalhadas as atividades de cada uma das etapas ou fases do método, ressaltando que de acordo com o objetivo e o enfoque da avaliação, podem ser feitas adaptações nesta sequência proposta, ou seja, dependendo do tipo de teste algumas atividades podem ser excluídas. Por exemplo: para um teste onde o propósito da investigação é um comparativo entre tecnologias de extração, faz-se necessário seguir todas as etapas de forma a analisar as variáveis de rendimento e qualidade ao longo de pelo menos uma safra, passando por todas as variedades e características de fruta. Já para um teste de controle e acompanhamento do processo produtivo, o interesse pode ser em uma variedade específica, em um determinado momento da safra, não sendo necessário seguir todas as etapas, apenas as atividades relacionadas ao procedimento e execução de testes.

O Quadro 4.4 detalha a primeira etapa do método, o Planejamento da Avaliação do Processo de Extração.

**Quadro 4.4:** Atividades da Etapa 1: Planejamento da avaliação do processo de extração.

<b>ETAPA 1 – PLANEJAMENTO DA AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE EXTRAÇÃO</b>	
<b>Atividades</b>	<b>Detalhamento</b>
<b>1.1 Definição do(s) objetivo(s)</b>	<p>A partir de uma necessidade identificada, define-se um objetivo em que devem ser estabelecidas as premissas, o que se deseja investigar no processo de avaliação de desempenho da extração. O processo de planejamento se inicia com a descrição do propósito da investigação:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comparativo de tecnologias de extração;</li> <li>- Desenvolvimento de novos produtos (equipamentos para extração de suco);</li> <li>- Inspeção, caracterização da fruta processada;</li> <li>- Controle e acompanhamento de processos produtivos;</li> <li>- Caracterização/Avaliação do desempenho/<i>performance</i> atual;</li> <li>- Melhoria contínua dos produtos existentes e processos produtivos.</li> </ul>
<b>1.2 Identificação e caracterização dos parâmetros de rendimento e qualidade que serão considerados</b>	<p>Neste momento são definidos os parâmetros de rendimento e qualidade que serão avaliados e com base em qual referência serão feitos os controles e monitoramento. O detalhamento dos parâmetros de rendimento e qualidade utilizados na indústria cítrica foi apresentado no Capítulo 3.</p> <p>Nesta etapa são identificados os itens de qualidade que serão avaliados por produto e os itens de rendimento que serão avaliados por processo. Pode ser elaborada a especificação com os parâmetros de qualidade e valores para cada produto em estudo (suco primário, concentrado, WESOS, <i>pulp cells</i>, etc.).</p>
<b>1.3 Identificação e caracterização dos indicadores de desempenho relativos ao processamento que serão monitorados</b>	<p>Além dos indicadores de rendimento e qualidade típicos da indústria cítrica, também podem ser identificados indicadores de desempenho mecânico e de produtividade que serão considerados na avaliação. Estes indicadores são incluídos na avaliação quando os testes e investigações são feitos no campo, na linha de extração.</p>

**Quadro 4.4:** Atividades da Etapa 1: Planejamento da avaliação do processo de extração. (continuação)

<b>ETAPA 1 – PLANEJAMENTO DA AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE EXTRAÇÃO</b>	
<b>1.4 Definição das equipes envolvidas, das responsabilidades, dos recursos necessários, do cronograma geral</b>	Dependendo do grau de complexidade dos testes e avaliações previstas, faz-se necessário estabelecer as pessoas que estarão envolvidas, com as responsabilidades definidas. Importante levantar neste momento os recursos necessários para a execução dos testes. Um cronograma macro com as atividades e datas gerais deve ser elaborado a fim de compor o protocolo de testes e assegurar que as atividades previstas e necessárias serão conduzidas conforme o planejamento.
<b>1.5 Elaboração do protocolo de testes detalhado</b>	<p>Para o atendimento aos objetivos propostos, um plano de trabalho é elaborado com base nos recursos disponíveis (humanos, tecnológicos e de tempo). Idealmente, todo processo investigativo deve ser feito durante <u>pelo menos uma safra</u>, a fim de que os testes e ensaios sejam realizados com todas as variedades de laranja ao longo do período produtivo, em diferentes condições de maturação e origem da fruta.</p> <p>A elaboração de um roteiro contendo os objetivos, equipe, recursos, tipos de testes, quantidade de testes e frequência, parâmetros que serão analisados, cronograma, formas de avaliação, deve ser feita nesta etapa.</p> <p>Roteiro proposto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaborar o protocolo de testes, detalhando como será feita a avaliação referente a: tipo de teste (em Planta Piloto, Campo, Ambos); frequência das amostragens, distribuição das variedades de fruta, definição das equipes e responsabilidades, forma de análise dos dados.</li> <li>• Definir as ferramentas que serão utilizadas, a frequência de avaliação dos dados e reuniões, as formas de representação gráfica dos dados, como será feita a análise conjunta entre os envolvidos e partes interessadas e a forma de apresentação e divulgação final dos resultados.</li> <li>• Apresentação e aprovação do protocolo aos envolvidos.</li> </ul>

No Quadro 4.5 é apresentada a segunda etapa do método, a Realização das Atividades de Avaliação do Processo de Extração.

**Quadro 4.5:** Atividades da Etapa 2: Realização das atividades de avaliação do processo de extração.

<b>ETAPA 2 – REALIZAÇÃO DAS ATIVIDADES DE AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE EXTRAÇÃO</b>	
<b>Atividades</b>	<b>Detalhamento</b>
<b>2.1. Treinamento das equipes: segurança e procedimento de testes</b>	A execução propriamente dita vai ocorrer conforme definido no roteiro de testes e para isso é importante que as equipes envolvidas nas avaliações sejam treinadas e qualificadas para esta tarefa. Especial enfoque deve ser dado ao treinamento em segurança dos equipamentos, visto que em se tratando de testes na linha de extração, cuidados específicos devem ser tomados considerando os riscos inerentes nesta operação. Também é relevante as orientações e treinamento relativo aos cuidados na execução de testes na extração de suco (procedimento), a fim de assegurar a confiabilidade dos resultados.

**Quadro 4.5:** Atividades da Etapa 2: Realização das atividades de avaliação do processo de extração. (continuação)

<b>ETAPA 2 – REALIZAÇÃO DAS ATIVIDADES DE AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE EXTRAÇÃO</b>	
<b>2.2. Detalhamento dos procedimentos de testes</b>	<p>A realização das atividades de avaliação do processo de extração de suco é feita conforme definido no protocolo de testes, entretanto, o detalhamento das atividades deve ocorrer nesta etapa.</p> <p>Dependendo do tipo de teste (Planta Piloto e/ou Campo) alguns cuidados devem ser observados, tais como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ o período da safra em que o teste está sendo realizado e associar com a variedade de fruta mais adequada;</li> <li>✓ a representatividade da fruta utilizada nos testes;</li> <li>✓ as características da fruta utilizada nos testes (origem, variedade, maturação, resistência da casca, homogeneidade, etc.), pois são fatores que podem interferir na variabilidade entre as amostras;</li> <li>✓ a execução em si do teste: equipe envolvida na condução dos testes;</li> <li>✓ os resultados do teste individual e dados históricos.</li> </ul>
<b>2.3. Detalhamento dos cronogramas (semanal/quinzenal)</b>	<p>O cronograma macro definido no protocolo de testes, normalmente define o número de testes a serem realizados na safra, por variedade nos meses da safra. Nesta etapa, as atividades são detalhadas para períodos menores, como semana ou quinzena.</p>
<b>2.4. Implantação dos controles e registros</b>	<p>Durante a execução dos testes (em Planta Piloto e/ou no Campo) muitos dados e informações são gerados e necessitam ser registrados para posterior análise. Por isso, a elaboração e implantação de formulários para registros deve ser feita de forma que otimize a tomada de dados e assegure que todas as informações necessárias foram registradas.</p>
<b>2.5. Execução dos testes: coleta de amostras e dados</b>	<p>A execução dos testes é o próprio processo de extração de sucos cítricos e por isso uma das etapas mais importantes da avaliação.</p> <p>Devem ser tomados os cuidados necessários à preparação das amostras de fruta para o processamento na extratora e tomada de dados do balanço de massa e coleta de amostras de suco e suas frações a fim de avaliar os parâmetros de rendimento e qualidade definidos inicialmente.</p>

Com relação ao procedimento de testes (item 2.2), recomenda-se observar as seguintes características:

**1. Fruta (matéria-prima):** a matéria-prima utilizada nos testes pode apresentar variações advindas dos seguintes fatores:

- ✓ origem (região, pomar/propriedade, tratamentos culturais, idade do pomar, irrigação);
- ✓ variedade (principais: Hamlin, Pera Rio, Valência e Natal);
- ✓ processo de classificação por tamanho;
- ✓ processo de randomização (distribuição aleatória para preparação das amostras).

Devido às variações naturais da fruta, quando se deseja realizar testes comparativos em extratoras, é importante e necessário considerar estes aspectos da matéria-prima, por isso é sugerida a elaboração de um cronograma que englobe a execução de testes

com todas as variedades de fruta em diferentes momentos da safra. É recomendado realizar testes com todas as variedades e vários testes, a fim de avaliar um universo maior de resultados. Entretanto, em testes exploratórios, para identificação de potenciais informações, testes únicos ou com variedade específica podem ser conduzidos.

**2. Método/Procedimento utilizado nos testes:** na realização dos testes comparativos alguns parâmetros devem ser definidos, tais como:

- ✓ peso das amostras ou tamanho dos lotes (mínimo de 20 kg por amostra);
- ✓ número de repetições para cada tratamento (mínimo de 3 repetições);
- ✓ número de testes necessário (recomenda-se no mínimo um teste por variedade de fruta, o que deve ser aumentado de acordo com o tipo de investigação e disponibilidade de recursos);
- ✓ processo de alimentação da máquina, processamento da fruta, escoamento do suco e intervalos para pesagem e coleta de amostras (adotar um padrão e segui-lo durante a realização dos testes);
- ✓ processo de ambientação da máquina e do *finisher* (equipamento para filtração do suco após a etapa de extração): recomenda-se utilizar uma amostra para ambientação dos equipamentos e descarte antes do processamento das amostras propriamente ditas.

A combinação destes fatores: peso das amostras, número de repetições e número de testes deve ser definida visando obter resultados confiáveis em termos de variabilidade, operacionalização (manuseio) e custo.

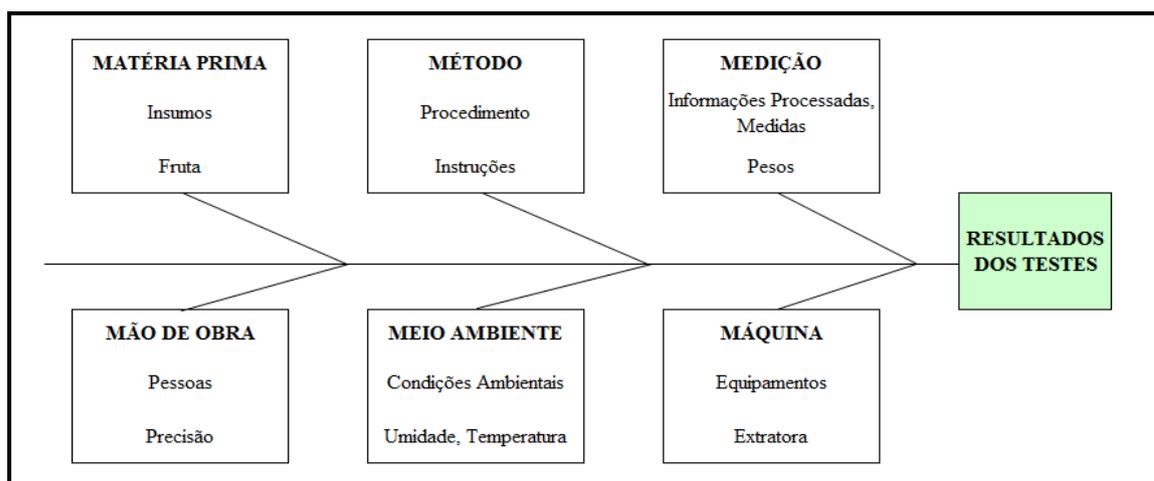
**3. Medição:** o sistema de medição utilizado (balanças para obtenção dos pesos das frações para o balanço de massa) deve ser mantido em condições ideais de calibração e checagem para garantir o controle dos dados de peso obtidos. O mesmo critério se aplica aos instrumentos de laboratório que geram os parâmetros qualitativos do suco.

**4. Mão de obra:** a equipe que realiza testes de extração de suco deve ser treinada nas condições de segurança operacional e execução, a fim de garantir a confiabilidade dos resultados.

**5. Meio ambiente:** as condições necessárias para a preservação das amostras durante o preparo e armazenamento devem ser garantidas, tais como o acondicionamento das amostras (caixas plásticas ou sacos plásticos perfurados), exposição ao sol, temperatura de armazenamento e transporte.

6. **Máquina:** definição da regulagem do equipamento ou conjunto de equipamentos que fazem parte do processo de extração. O processo de interação entre o equipamento e a fruta é o foco da execução de testes comparativos.

A Figura 4.8 mostra as variáveis envolvidas na execução de testes de extração de suco.



**Figura 4.8:** Variáveis da realização de testes de extração de suco.

O Quadro 4.6 detalha a terceira etapa do método, a Análise de Dados e Resultados.

**Quadro 4.6:** Atividades da Etapa 3: Análise de dados e resultados.

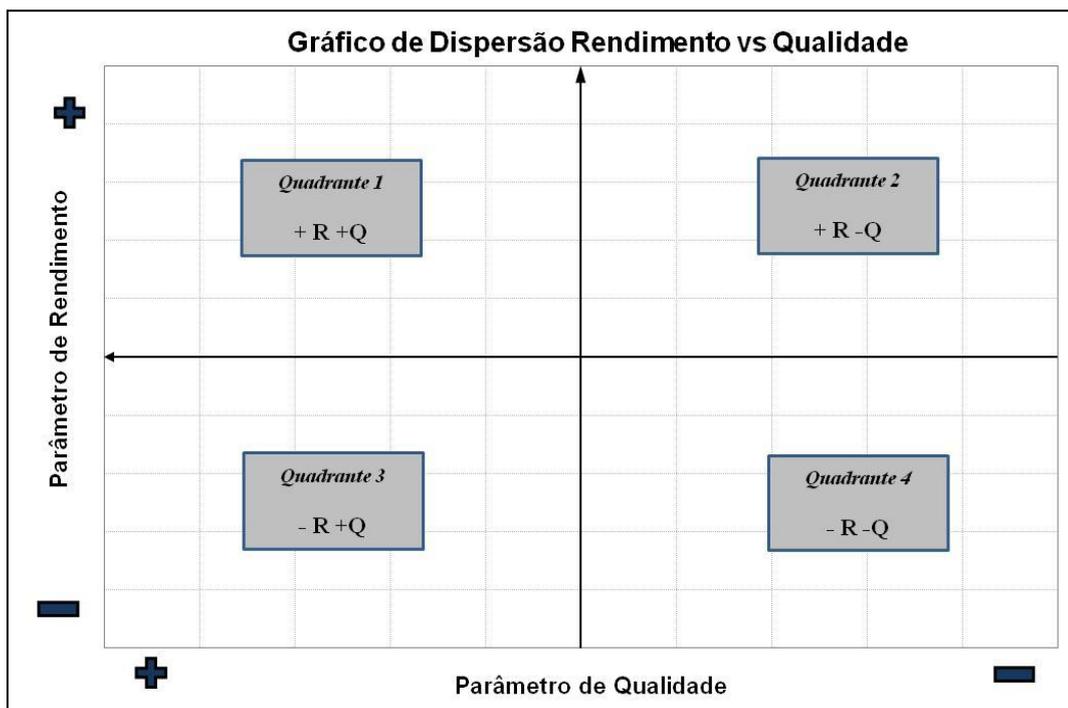
ETAPA 3 – ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS	
Atividades	Detalhamento
<b>3.1 Organização dos dados</b>	Após a realização dos testes e ensaios, os dados coletados devem ser organizados em forma de planilhas e tabelas de maneira sequencial, considerando todas as informações disponíveis relacionadas às variáveis 6M's: matéria-prima, método, medição, mão de obra, meio ambiente, máquina.
<b>3.2 Aplicação de técnicas de análise estatística</b>	Para a análise dos resultados, é necessário a utilização de algum tipo de recurso estatístico para facilitar a análise dos dados e iniciar o processo de avaliação de forma conjunta: dados de rendimento e eficiência industrial e dados de qualidade dos produtos. As técnicas estatísticas recomendadas são: gráficos cronológicos (para avaliação das tendências), gráficos <i>box plot</i> (para comparação de médias e dispersão dos dados), gráficos de dispersão (combinando parâmetros de <i>rendimento e qualidade</i> ), análises multivariadas ( <i>cluster</i> , análises de decisão, etc.) e análise estatística ANOVA para comparação de médias.
<b>3.3 Elaboração de relatórios e apresentações</b>	Com todos os dados organizados e analisados os resultados, relatórios e/ou apresentações são preparados para utilização na etapa de tomada de decisão e ações gerenciais (etapa 4).

Para que a análise dos dados dos testes seja abrangente e consistente, recomenda-se empregar duas abordagens distintas e complementares:

- Uma *abordagem clássica* de estatística inferencial, utilizando as técnicas de comparação de médias (análise de variância e teste de hipóteses, diferença significativa, correlação, etc.), gráficos de tendências e avaliação do desvio-padrão e coeficiente de variância.
- Uma *abordagem multivariada*, com a utilização, por exemplo, de análise de *cluster* e/ou gráficos bidimensionais que relacionam parâmetros de rendimento de extração do suco com parâmetros de qualidade do suco extraído.

É relevante ressaltar a necessidade de se utilizar as duas abordagens, pois em se tratando de extração de sucos cítricos, alcançar a eficiência pura e simples não apresenta grandes dificuldades, basta operar com ajustes agressivos no sistema de extração para atingir altos níveis de eficiência industrial em função da produção elevada de suco e/ou sólidos. Entretanto, a eficácia (atingir o resultado, o objetivo de ter produtos dentro da especificação) pode ser influenciada de forma negativa, ou seja, altos rendimentos de extração podem ser alcançados à custa de impactos significativos nos padrões de qualidade. A busca deve ser sempre no sentido de obter um processo eficiente e eficaz.

Um exemplo de avaliação multivariada é o gráfico de dispersão que relaciona um parâmetro de rendimento com um parâmetro de qualidade, como mostrado na Figura 4.9.



**Figura 4.9:** Gráfico de Dispersão Rendimento vs Qualidade.

Esta ferramenta é muito útil para avaliar o *trade-off* entre rendimento e qualidade, pois no eixo “X” tem-se os valores de um dado parâmetro de qualidade (por exemplo, a porcentagem de óleo no suco, *bottom pulp*, pectina, limonin, etc.) e no eixo “Y” tem-se os valores de um dado parâmetro de rendimento industrial (por exemplo, sólidos totais, rendimento em caixas de laranja por tonelada de suco concentrado a 66°Brix ou eficiência de recuperação).

Usando o centro do gráfico com uma medida de referência adotada (padrão), a combinação de rendimento e qualidade pode encontrar-se em um dos quatro quadrantes apresentados na Figura 4.9. A aplicabilidade deste gráfico e a interpretação dos quadrantes estão descritas no Quadro 4.7.

**Quadro 4.7:** Aplicabilidade e interpretação do gráfico rendimento x qualidade.

Quadrante	Rendimento e Qualidade	Comentários
1	+ R + Q	Este é o quadrante ideal, comparativamente ao padrão adotado, ou seja, em relação a uma dada referência tem-se um aumento do rendimento de extração de suco (ou sólidos) e também melhor qualidade do produto. É o que se busca no desenvolvimento de alternativas de extração.
2	+ R – Q	Este quadrante apresenta rendimento superior e qualidade inferior à referência considerada. Dependendo do parâmetro de qualidade considerado, um impacto pequeno na qualidade pode ser aceitável, visto que o ganho em rendimento é justificado.
3	– R + Q	Neste quadrante tem-se o oposto do Quadrante 2, pois aqui a qualidade é superior, mas o rendimento é inferior a uma dada referência. Alternativas que se encontram neste quadrante podem ser interessantes para os casos em que a qualidade é mais importante que o rendimento, ou seja, é aceitável uma redução pequena no rendimento em função do ganho obtido na qualidade do produto.
4	– R – Q	Esta situação é a pior que pode ser encontrada, pois o resultado obtido apresenta rendimento e qualidade inferiores a um dado padrão de referência. No desenvolvimento de produtos ou alternativas de extração, opções que se situam neste quadrante são descartadas.

O gráfico Rendimento vs Qualidade é muito útil na avaliação de resultados de testes comparativos entre tecnologias de extração e no desenvolvimento de novas tecnologias ou novos *settings* de extração, visto que é possível visualizar as alternativas testadas comparadas à referência atual ou a um padrão estabelecido. É uma ferramenta complementar aos tradicionais gráficos cronológicos que mostram as tendências, mas não a interação rendimento e qualidade em relação a um padrão existente.

Após a análise dos dados e resultados, realiza-se a quarta e última etapa do método, a Tomada de Decisão e Ações Gerenciais, como mostrado no Quadro 4.8.

**Quadro 4.8:** Atividades da Etapa 4: Tomada de decisão e ações gerenciais.

<b>ETAPA 4 – TOMADA DE DECISÃO E AÇÕES GERENCIAIS</b>	
<b>Atividades</b>	<b>Detalhamento</b>
<b>4.1 Reuniões técnicas e gerenciais</b>	As reuniões de caráter técnico e as reuniões gerenciais acontecem conforme definido no protocolo de testes ou conforme a necessidade. Podem ocorrer no início do estudo, ao longo da realização e/ou somente no final após a conclusão do plano proposto e tratamento dos dados.
<b>4.2 Avaliação do andamento das atividades</b>	Nas reuniões técnicas e gerenciais é verificado se os resultados obtidos atenderam à necessidade inicial. Esta avaliação é feita por meio da análise dos dados e relatórios originados com os resultados dos testes de extração.
<b>4.3 Definição de correções/alterações</b>	Se os dados não atenderam ao propósito original, o processo pode ser retomado de qualquer uma das etapas ou até mesmo refeita a descrição inicial do estudo para adequar às necessidades.
<b>4.4 Aprovação/Reprovação / Implementação e acompanhamento das ações de melhoria</b>	De acordo com a avaliação, são tomadas ações para continuidade do processo. Se os resultados foram satisfatórios, o processo é finalizado, com aprovação ou reprovação de determinado estudo, implantação de uma melhoria ou mudança ou simplesmente divulgação das informações para consolidação de conhecimento acerca do fenômeno estudado.

A etapa de Tomada de Decisão e Ações Gerenciais fecha o ciclo *PDCA* em que se baseia o método proposto, ou seja, é nesta fase que se avalia os resultados dos testes de extração, analisando os dados obtidos em relação ao objetivo inicial estabelecido.

De maneira sucinta, pode-se dizer que o método descrito neste capítulo traz uma sequência de passos e cuidados que devem ser levados em consideração quando da realização de testes comparativos na extração de suco cítrico, observando as peculiaridades características deste processamento.

## 5. ILUSTRAÇÃO DE APLICAÇÃO DO MÉTODO

O método proposto no Capítulo 4 foi aplicado em diversas situações com diferentes propósitos: comparação de tecnologias de extração, desenvolvimento de novos produtos (equipamentos para extração de suco), inspeção e caracterização da fruta processada, controle e acompanhamento de processos produtivos, avaliação do desempenho atual, melhoria contínua dos produtos existentes e processos produtivos.

Entretanto, por se tratar de uma atividade que gera informações confidenciais de dados de rendimento industrial (no caso dos processadores) e propriedade intelectual (no caso de fornecedor de equipamento para extração), os valores detalhados e identificados não podem ser abertos para domínio público.

Por isso, nesta seção é apresentado um exemplo de aplicação do método, cujo objetivo foi comparar dois modelos diferentes de extratoras que operam com o princípio de extração FMC/JBT (princípio descrito no Capítulo 2).

As informações relatadas têm por objetivo focar nas etapas e atividades que devem ser seguidas e nos aspectos que devem ser considerados na avaliação do processo de extração de sucos cítricos e não na apresentação específica dos resultados reais obtidos nos testes comparativos.

### **Etapa 1: Planejamento da avaliação do processo de extração**

#### **1.1. Definição do (s) objetivo (s)**

A avaliação do processo de extração de suco cítrico foi aplicada neste caso, em função da necessidade de se comparar e avaliar a diferença de rendimento (produção de suco) entre dois modelos diferentes de extratoras de suco que utilizam o princípio de extração FMC/JBT. Desta forma, pode-se descrever o objetivo desta investigação como:

- ❖ Avaliar e comparar o desempenho das extratoras **CT09** em relação às extratoras **ID10** em relação ao rendimento de produção e à qualidade do suco gerado;
- ❖ Avaliar e comparar o desempenho de rendimento considerando a recuperação de sólidos totais (suco primário e WESOS da polpa e do *core*);
- ❖ Considerar testes em Planta Piloto (condições controladas) e testes na linha de produção (condição real).

## **1.2. Identificação e caracterização dos parâmetros de rendimento e qualidade que foram considerados**

Para esta investigação em particular, foram definidos alguns parâmetros para avaliação da fruta e parâmetros de rendimento industrial e qualidade do suco, conforme estabelecido no Quadro 4.2.

Para a caracterização da fruta utilizada nos testes foram analisados, a partir de uma amostra representativa de cada lote: diâmetro latitudinal (equatorial) e longitudinal (polar) e peso da fruta, número de sementes, espessura de casca e óleo total na fruta.

Para a avaliação do rendimento foi considerado o balanço de massa completo nos testes em Planta Piloto e o suco pós-extratora nos testes em campo (na linha de extração), sendo utilizados os seguintes parâmetros:

- ✓ Rendimento de Suco Pós-Extratora (%);
- ✓ Rendimento de Suco Primário (%);
- ✓ Rendimento de Polpa (%);
- ✓ Suco Total (%);
- ✓ Rendimento Industrial (cx/t);
- ✓ Eficiência de Recuperação (%).

Para a avaliação da qualidade foram considerados os parâmetros da qualidade:

- ✓ Físico-químicas: °Brix, Acidez e Ratio (para caracterização da fruta processada), porcentagem de óleo no suco, *bottom pulp* (polpa centrifugada) e viscosidade;
- ✓ Análises especiais: pectina, hesperidina e limonina.

## **1.3. Identificação e caracterização dos indicadores de desempenho relativos ao processamento que foram monitorados**

Em testes de Planta Piloto estes indicadores não são considerados, pois os testes são feitos em condições controladas e em um intervalo específico de tempo. Já em testes realizados na linha de produção (também chamados de testes de “plataforma”), alguns indicadores foram monitorados pela equipe de Manutenção, tais como:

- ✓ Horas trabalhadas pelas extratoras;
- ✓ Confiabilidade das máquinas testadas no que se refere à disponibilidade, MTBF (tempo médio entre falhas) e número de intervenções;
- ✓ Tempo de limpeza, entre outros.

#### 1.4. Definição das equipes envolvidas, das responsabilidades, dos recursos necessários, do cronograma geral

Para a realização dos testes comparativos entre as duas extratoras, foi estabelecida uma equipe composta de:

- ✓ **Coordenador:** é o patrocinador da investigação, ficando sob sua responsabilidade as orientações gerais, comunicação e decisões estratégicas.
- ✓ **Responsável Técnico:** é o condutor das atividades de preparação, execução e avaliação dos testes. Está sob sua responsabilidade, o detalhamento dos procedimentos dos testes, cumprimento do cronograma, orientação das equipes de trabalho, enfim, é o responsável por viabilizar a realização dos testes.
- ✓ **Suporte Técnico:** a equipe de suporte técnico foi definida como as pessoas que detêm conhecimentos relativos à investigação em andamento, que não têm responsabilidade direta na execução, mas que está disponível para consultas, participação nas reuniões de discussão dos resultados, contribuindo com informações e experiência.
- ✓ **Equipe de trabalho:** trata-se dos envolvidos com a operacionalização dos testes.

Também foram definidos os recursos necessários para a execução dos testes em Planta Piloto e na linha de extração (origem e fornecimento da fruta, pessoas envolvidas na operação, utensílios utilizados, necessidade de parada da linha por questões de segurança, entre outros).

Foi estabelecido um cronograma macro para a safra com o número de testes a serem feitos com cada variedade típica de cada período da safra, como mostrado na Tabela 5.1. Este número total de testes foi dividido entre testes em Planta Piloto e na fábrica, sendo programados conforme a disponibilidade de parada da linha de extração para a execução.

**Tabela 5.1:** Número de testes por variedade de fruta.

Variedade	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	Total
Hamlin	2	2	1	-	-	-	-	-	5
Pera Rio	-	-	2	2	1	-	-	-	5
Valência				1	1	1	1	1	5
Natal	-	-	-	-	1	1	1	1	4
<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>19</b>

### **1.5. Elaboração do protocolo de testes detalhado**

O protocolo de testes é um documento que é elaborado em conjunto com os patrocinadores, responsáveis técnicos e equipe de suporte, contendo as orientações e definições mínimas necessárias para a condução das atividades.

Para o caso ilustrado, foi feita uma reunião inicial para levantamento das necessidades, identificação e caracterização dos parâmetros de interesse na avaliação, definição das responsabilidades (equipes) e cronograma geral. Após esta reunião, o responsável técnico redigiu um documento com as determinações geradas pelo grupo e gerou o protocolo de testes, com o seguinte conteúdo:

1. Introdução
2. Definição das equipes e responsabilidades
3. Atividades previstas
4. Detalhamento
  - Testes em Planta Piloto
  - Testes na Linha de Produção
5. Avaliação dos Resultados
  - 5.1 – Cronograma
  - 5.2 – Relatórios
  - 5.3 – Reuniões de Avaliação

## **Etapa 2: Realização das atividades de avaliação do processo de extração**

### **2.1 Treinamento das equipes em segurança e procedimento de testes**

As equipes envolvidas receberam treinamento relativo aos aspectos de segurança operacional, ou seja, as orientações e cuidados necessários para a realização de testes na linha de produção. O treinamento ocorreu em duas etapas, sendo uma teórica, em sala de aula, e outra de caráter prático, no campo, onde são identificados os perigos e riscos e as ações de prevenção.

Também foram feitas as orientações sobre execução dos testes no que diz respeito à preparação das amostras, cuidados ao processar a fruta, como coletar e pesar o suco produzido, cuidados na coleta e acondicionamento de amostras para as análises físico-químicas e especiais, entre outros. Estas orientações são importantes e necessárias, a fim de

garantir a confiabilidade dos resultados obtidos durante os testes, pois a equipe envolvida na execução compreende quais são os objetivos e a razão dos cuidados dispensados em cada etapa da execução, assegurando uma operação confiável e sistemática ao longo do período de realização.

## **2.2 Detalhamento dos procedimentos de testes**

O protocolo descreveu as atividades previstas, ou seja, o tipo de teste a ser feito, avaliações, forma de coleta das amostras, fornecimento da fruta, para os testes de Planta Piloto e para os testes na linha de produção. De forma resumida, tem-se:

- Testes de Planta Piloto: testes feitos com amostras de 40 kg em triplicata, balanço de massa completo e análises do suco como definido no item 1.2;
- Testes de Campo: testes feitos às segundas-feiras de manhã (para aproveitar a redução no volume de processamento e parar a linha para o teste), amostras de 40 kg com 5 repetições.

Foram apresentados os detalhes de forma mais objetiva e focada na execução propriamente dita, e o detalhamento do cronograma e dos procedimentos. Ou seja, a partir do cronograma macroestabelecido inicialmente, a programação era aberta mês a mês, com as datas e detalhes para cada dia de teste e confirmação a cada semana.

Uma agenda semanal dos testes foi enviada às equipes envolvidas contendo datas, horários e detalhes do fornecimento da fruta, responsabilidades específicas dos testes em questão e outras informações relevantes à investigação.

## **2.3 Detalhamento dos cronogramas (semanal/quinzenal)**

O detalhamento do cronograma acontece quase que paralelamente ao detalhamento dos procedimentos. É relevante destacar esta atividade, sendo necessário um acompanhamento bem próximo do planejamento dos testes, pois considerando a dinâmica das fábricas processadoras, muitas vezes a programação é alterada em função de mudanças no fornecimento da fruta e atividades de manutenção, paradas, limpezas.

Em razão da busca constante por otimizar o uso dos ativos, dá-se preferência às chamadas “paradas de oportunidade”, ou seja, paradas de fábrica não planejadas que ocorrem em função de algum imprevisto e, por isso, aproveita-se para a execução de atividades de manutenção e também pode-se aproveitar para a realização de testes que necessitem da linha parada. Por esta razão, alguns testes são programados para aproveitar as paradas previstas de

manutenção, a fim de não perder horas de processamento em paradas da linha para execução de testes.

Para os testes de Planta Piloto, o detalhamento é mais simples, pois há uma agenda mais fácil de ser administrada. Mas, de qualquer forma, ambos os testes foram programados de maneira conjunta e enviada a agenda semanal aos envolvidos.

## 2.4 Implantação dos controles e registros

Durante a execução dos testes (tanto em Planta Piloto como na linha de produção), muitos dados e informações são gerados e devem ser registrados para posterior análise. Para isso, foram criados formulários específicos para cada tipo de teste, contendo os campos necessários para registro de dados relativos a:

- *Fruta*: variedade, tamanho (faixa de diâmetro), origem/fornecedor, data de colheita, características visuais;
- *Amostras*: peso das amostras (normalmente foram utilizadas amostras de 40kg), número de repetições (em geral, trabalhou-se com uma amostra para ambientação da máquina e descarte e três repetições para os testes de Planta Piloto e cinco repetições para os testes de Campo), número de frutas por amostra (dependendo das características de homogeneidade da fruta, contava-se o número de frutas de todas as amostras ou de parte delas);
- *Processamento das amostras*: registro do tempo de processamento de cada amostra, tempo de escoamento do suco entre uma amostra e outra (utilizado o valor fixo de 1 minuto), observações relativas à alimentação da extratora, possíveis cortes ou explosão de fruta, alguma fruta não processada ou que tenha sido perdida;
- *Valores de rendimento de extração*: normalmente nos testes são registrados os pesos em quilogramas para posterior conversão para porcentagem. Nos testes de Planta Piloto foram registrados os pesos de todas as frações, pois foi obtido o balanço de massa completo. Nos testes de plataforma (linha de extração), foi registrado o peso de suco pós-extratora.
- *Valores da qualidade do suco*: os formulários continham as análises que deveriam ser feitas para cada amostra individual ou para amostras compostas, como feito para as análises especiais.

## 2.5 Execução dos testes: coleta de amostras e dados

A execução propriamente dita foi feita seguindo todas as orientações de segurança operacional, de requisitos para o processamento de amostras na extratora (desde a preparação da fruta até a extração) e de cuidados para coleta e acondicionamento das amostras (homogeneização do suco antes da amostragem e manutenção do suco em condições refrigeradas).

Com os dados de balanço de massa, produção de suco e também dos resultados de qualidade, passa-se, então para a etapa seguinte que é a análise de dados e resultados.

## Etapa 3: Análise de Dados e Resultados

### 3.1 Organização dos dados

Nesta atividade, todos os dados gerados durante os testes foram digitados em planilhas eletrônicas e/ou tabelas de forma organizada, sequencial, registrando todas as informações relevantes para a análise dos dados.

### 3.2 Aplicação de técnicas de análise estatística

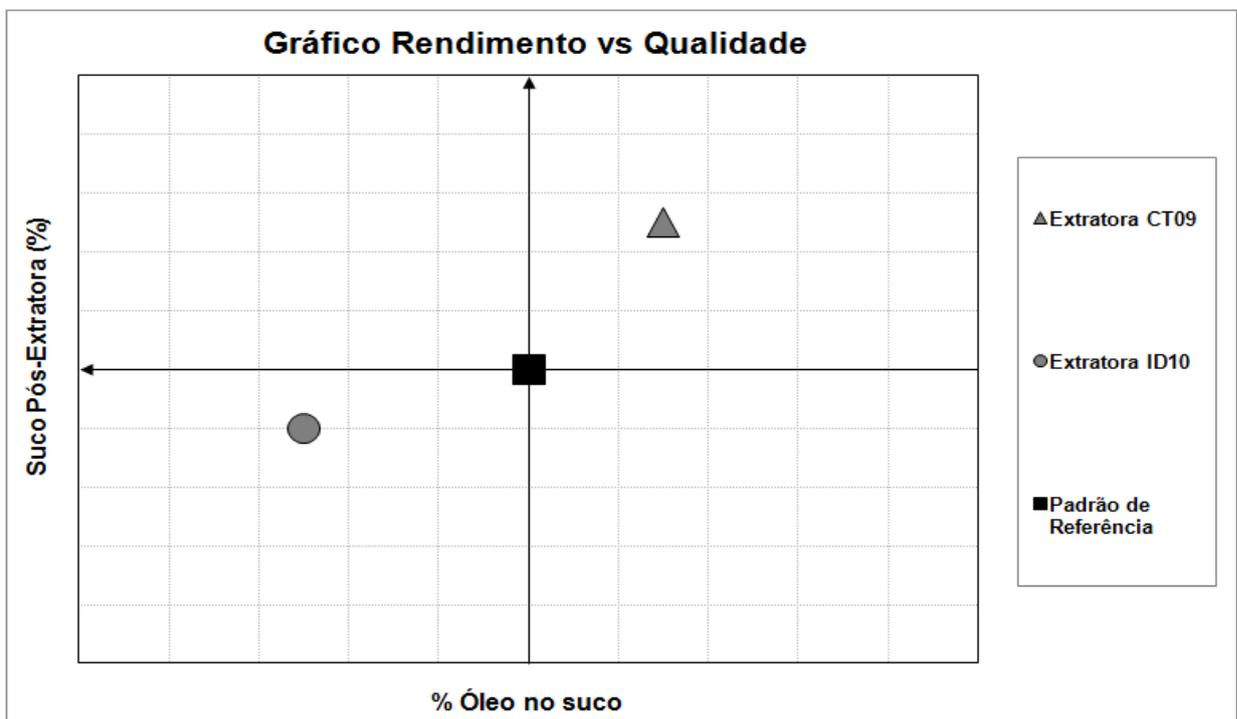
Para a análise dos resultados foram utilizadas algumas técnicas de análise estatística, entre elas:

- Tabelas com os valores médios e desvio-padrão das repetições feitas para cada extratora;
- Gráficos de mínimo, média e máximo para os valores de porcentagem de suco das duas extratoras em estudo;
- Análise de variância ANOVA para comparação das médias;
- Gráficos cronológicos com os comparativos de todos os testes realizados;
- Gráficos de dispersão bidimensionais utilizando a porcentagem de suco como parâmetro de rendimento (eixo “Y”) e cada uma das análises físico-químicas como parâmetro da qualidade (eixo “X”).

A Figura 5.1 mostra o gráfico de dispersão bidimensional para os parâmetros de suco pós-extratora e teor de óleo no suco (ambos em porcentagem) como parâmetro da qualidade. Observa-se que a extratora CT09, para este conjunto de parâmetros (suco *vs* óleo),

apresentou desempenho no Quadrante 2 (+R -Q), ou seja, em relação ao padrão de referência adotado, esta extratora produziu mais suco, entretanto, com teor de óleo superior.

Neste caso, faz-se necessário avaliar qual é a tolerância aceita pelo padrão de referência, ou seja, se o valor apresentado pela extratora CT09 é aceitável, visto que há um ganho de rendimento de suco significativo em relação à referência. Já a extratora ID10 obteve desempenho (ou *performance*) no Quadrante 3 (- R +Q), com valor de óleo no suco bem melhor que a referência e, por consequência, melhor que a máquina CT09, porém, com perda de rendimento de suco.



**Figura 5.1:** Gráfico de Dispersão Suco Pós-Extratora (%) vs % Óleo no suco.

A Figura 5.2 traz o mesmo parâmetro de suco pós-extratora, agora considerando a limonina no suco como o parâmetro da qualidade. Observa-se que, para este parâmetro, a extratora CT09 alcançou o desempenho ideal, ou seja, ficou no Quadrante 1 (+R +Q), enquanto que a extratora ID10 permaneceu no Quadrante 3 (- R +Q), obtendo qualidade melhor que a referência, mas perdendo em rendimento.

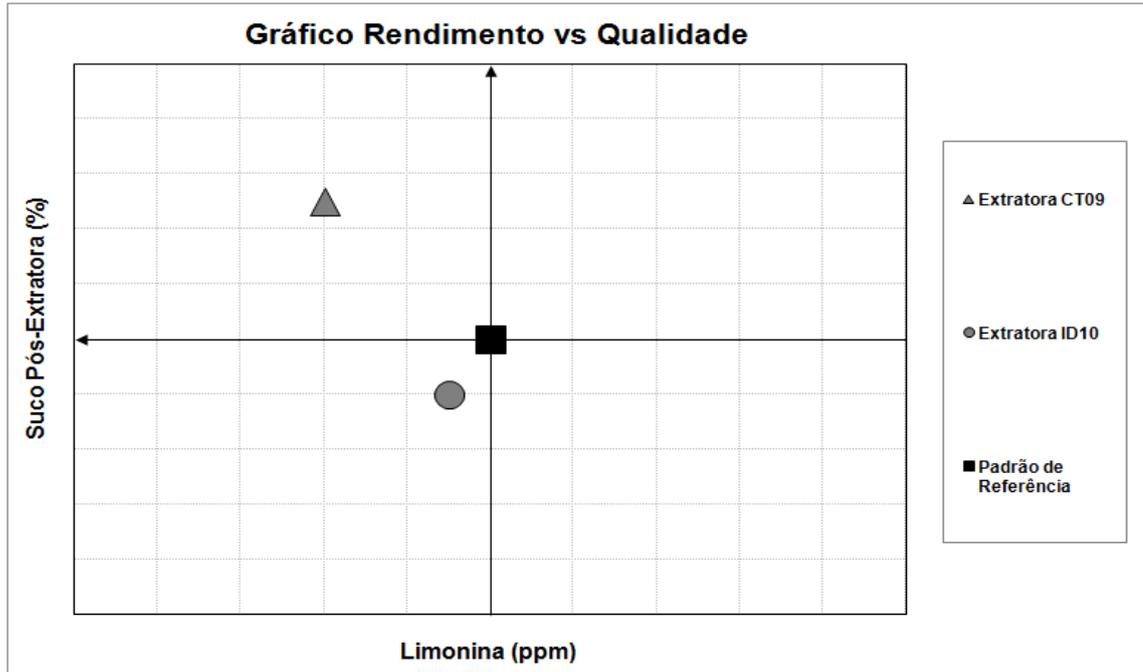


Figura 5.2: Gráfico de Dispersão Suco Pós-Extratora: (%) vs Limonina (PPM).

### 3.3 Elaboração de relatórios e apresentações

Com os dados organizados, gráficos preparados e resultados analisados, um relatório sumário foi preparado para apresentação às equipes envolvidas para tomada de decisão e ações gerenciais. Os relatórios podem ser feitos em qualquer formato, desde que contenham as informações suficientes e necessárias para avaliação abrangente por parte dos coordenadores e gestores responsáveis pelas tomadas de decisão.

No comparativo entre as extratoras **CT09** e **ID10**, os relatórios foram preparados contendo todos os dados da fruta utilizada nos testes, gráficos de rendimento de suco (em porcentagem) cronológicos, gráficos bidimensionais para porcentagem de suco vs todos os parâmetros da qualidade em estudo, avaliações ANOVA e tabela resumo destacando os valores médios de rendimento e qualidade para todos os testes realizados.

## Etapa 4 - Tomada de decisão e ações gerenciais

### 4.1. Reuniões técnicas e gerenciais

Como este estudo comparativo ocorreu ao longo de uma safra (junho a dezembro), considerando todas as variedades de fruta típicas de cada período, reuniões

mensais, ou no máximo a cada dois meses, foram realizadas para análise dos dados de cada teste e da evolução dos resultados, avaliação do andamento das atividades e necessidade de intervenções, modificações em cronogramas ou testes.

As reuniões eram agendadas com antecedência mínima necessária para que as equipes envolvidas pudessem se programar para participar, assim como para que o(s) responsável(eis) técnico(s) tivesse(m) tempo hábil para a elaboração dos relatórios e material para apresentação.

#### **4.2. Avaliação do andamento das atividades**

Durante as reuniões técnicas e gerenciais, é necessário avaliar o andamento das atividades com relação ao atendimento do objetivo proposto, cumprimento do cronograma inicial, disponibilidade dos recursos (humanos, das instalações, técnicos, etc.), execução das análises de qualidade e forma de apresentação dos resultados, a fim de confirmar se o trabalho conduzido está atendendo, ou se tem potencial para atender, a necessidade inicial que deu origem ao estudo.

Neste estudo, em todas as reuniões, o primeiro item era revisar o cronograma previsto vs realizado e avaliar se houve algum problema durante o período, a fim de se estabelecer as alterações necessárias. Também eram avaliadas as características da fruta de cada teste (variedade, maturação, tamanho, teor de limonin, etc.), resultados de produção de suco (média e desvio-padrão) e dos parâmetros da qualidade.

#### **4.3. Definição de correções/alterações**

Identificando algum desvio ou necessidade de ajustes em alguma atividade, as ações já eram definidas no momento da reunião e relatadas em ata. O responsável técnico deve elaborar uma ata das reuniões com as definições, ações, prazos e responsáveis. Após as reuniões, as atas funcionavam como uma espécie de plano de ação para dar andamento.

#### **4.4 Aprovação/Reprovação/Implementação e acompanhamento das ações de melhoria**

Ao longo do período de execução, a maioria das ações gerenciais está voltada para acompanhamento e melhorias. Ao final da safra, há lugar para as tomadas de decisão. Para a tomada de decisão, muitos fatores são levados em consideração, não só os valores de

rendimento alcançados, como também os padrões de qualidade atingidos. São avaliados indicadores de desempenho mecânico, como também aspectos econômicos e comerciais (investimento, ganhos esperados) inerentes às alternativas em teste.

Neste caso ilustrado, observa-se que do ponto de vista de ganho em rendimento a extratora CT09 é a mais indicada, comparando com a extratora ID10. Também apresentou valores de limonina abaixo da especificação ou referência, sendo aprovada em relação à ID10. No entanto, se para dada aplicação o teor de óleo é o parâmetro de qualidade mais importante ou limitante, a extratora CT09 não seria aprovada.

Dependendo do cenário, a decisão pode não ser necessariamente a aprovação ou reprovação de uma dada alternativa, mas sim o início de um novo processo de avaliação, partindo de uma modificação na extratora CT09, por exemplo. Por esta razão, em função do grande número de variáveis e condições específicas de cada estudo, não se pode dizer exatamente qual seria a decisão final no comparativo das extratoras CT09 e ID10. Depende da aplicação, do usuário e de outras condições técnico-econômicas que são consideradas para a tomada de decisão final.

Neste caso específico, mesmo a CT09 apresentando valor de óleo no suco acima do padrão de referência, foi aprovada em função do ganho de rendimento significativamente superior à ID10.

## 6. DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

É reconhecida a relevante participação dos sucos cítricos nas exportações brasileiras e a notória importância deste mercado no cenário mundial. É reconhecida também a necessidade que os processadores têm de implementar melhorias nos seus processos produtivos, a fim de torná-los cada vez mais eficientes e eficazes e garantir a competitividade.

Neste sentido, a avaliação técnica-econômica da etapa de extração de sucos cítricos destaca-se pela fundamental importância nas ações de melhoria e decisões gerenciais.

Ao longo da elaboração deste trabalho, foi possível ganhar compreensão do processamento de sucos cítricos do ponto de vista não só técnico, mas econômico-gerencial, visto que toda e qualquer ação realizada na etapa de extração pode impactar no resultado geral da empresa, quer seja na eficiência de recuperação dos sólidos disponíveis na fruta, quer seja na qualidade do suco e seus subprodutos, de maneira positiva ou negativa. Além disso, observou-se que a forma de gerenciar as unidades fabris sofre mudanças em função do processador e da planta em particular, de acordo com as características da fruta de cada região, do *mix* de produtos feitos por cada fábrica, das condições das instalações e também da abordagem de seus gestores.

Neste cenário em que o método para avaliação do processo de extração de sucos cítricos (do ponto de vista técnico e econômico) foi proposto, tem-se que sua aplicação é relevante e útil para a estruturação desta atividade. De fato, todas as variáveis levantadas neste trabalho são consideradas pelos processadores, entretanto, pela complexidade de se avaliar vários parâmetros juntos (que muitas vezes são concorrentes), em algumas situações, certas premissas são deixadas de lado e não consideradas em uma avaliação mais abrangente.

Um exemplo bem típico está na definição da variedade da fruta utilizada no processo de extração. As quatro variedades principais (Hamlin, Pera rio, Valência e Natal) apresentam características de recuperação de sólidos e de qualidade bem diferentes entre si. Por esta razão, um programa de teste consistente e confiável deve incluir testes com todas as variedades ao longo da safra, pois uma determinada mudança na configuração da extratora pode, por exemplo, apresentar ganhos significativos na variedade Hamlin e não se reproduzir nas outras variedades. Este exemplo aplica-se também aos parâmetros da qualidade, visto que uma determinada especificação da qualidade pode ser facilmente atingida em uma variedade, em um estágio de maturação e não ser alcançada em outra variedade ou momento da safra.

Outros fatores foram identificados como relevantes na execução dos testes comparativos entre extradoras, tais como: o peso das amostras, o número de repetições

utilizadas nos testes comparativos, o número mínimo de ensaios comparativos que devem ser realizados para cada investigação em particular, de forma que haja confiabilidade e consistência nos resultados obtidos.

Esta sequência de etapas e atividades foi aplicada em situações reais de comparativos entre tecnologias de extração, modelos de extratoras, caracterização da fruta processada, permitindo concluir que o método proposto atingiu o objetivo a que foi proposto, embora seja necessário efetuar ajustes a cada investigação particular, pois em função do objetivo, a avaliação do processo de extração pode ser mais ou menos complexa, necessitando de mais ou menos detalhamento das atividades.

A avaliação do método pelos processadores de suco, potenciais usuários deste método, não foi feita de maneira estruturada. Isso justifica um possível desdobramento futuro deste trabalho por meio da aplicação de uma Pesquisa (*Survey*) junto aos gestores das indústrias de suco, a fim de obter uma avaliação mais ampla e detalhada do método, para constatar sua real necessidade, aplicabilidade e sequência de etapas e atividades.

Outro possível desdobramento seria uma *Survey* junto aos processadores para categorizar os parâmetros de rendimento industrial (recuperação de suco e seus subprodutos) e da qualidade e estabelecer uma ponderação para cada um destes indicadores.

A expectativa é que no médio e longo prazo as atividades de avaliação do processo de extração de suco tornem-se cada vez mais frequentes, quer seja em condições controladas de Planta Piloto, quer seja nas linhas de extração, e que sejam associadas à avaliação da etapa de filtração, visto que o conjunto das duas etapas também exerce influência nos resultados do processamento como um todo.

Espera-se, portanto, que a partir de sua divulgação e adequação junto aos processadores de sucos cítricos, o método proposto constitua um importante meio de contribuição à efetiva melhoria da etapa de extração de sucos cítricos, assim como sirva de uma referência de avaliação de desempenho para trabalhos acadêmicos.

## REFERÊNCIAS

ABREU, A. L. T.; MARTINS, R. A. Construção do Relacionamento entre as Medidas de Desempenho: uma análise da literatura. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 23, 2003, Ouro Preto. UFOP, 2003.

AMARATUNGA, D.; BALDRY D.; SARSHAR, M. NEWTON R. Quantitative and qualitative research in the built environment: application of “mixed” research approach. **Work Study**, v. 51, n. 1, p. 17-31, 2002.

ASME. *American Society of Mechanical Engineer*. “The FMC Whole Citrus Juice Extractor”, March 24, 1983.

ASSOCITRUS. **Associação Brasileira de Citricultores**. Disponível em: <<http://www.associtrus.com.br>>. Acesso em: 03 nov. 2009.

BARBOSA, R. D.; CURTOLO, J. E. Produção industrial de suco e subprodutos cítricos In: MATTOS, D. Jr. et al. (Ed.). **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico e Fundag, 2005. p. 840-870.

BASSANEZI, R. B.; MONTESINO, L. H.; STUCHI, E. S. **Effects of huanglongbing on fruit quality of sweet orange cultivars in Brazil**. *European Journal of Plant Pathology*. v. 125, p. 565-572, 2009.

BASTOS, N. Jr. **Contribuições ao Projeto de Sistemas de Informação de Chão de Fábrica utilizando redes de Petri Coloridas**. 2007. 83 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Departamento de Engenharia de Produção, Pontifícia Universidade Católica do Paraná. 2005.

BERENDS, P.; ROMME, G. Simulation as a research tool in management studies. **European Management Journal**, v. 17, n. 6, p. 576 -583, 1999.

BERTRAND, J. W. M.; FRANSOO, J. C. Operations management research methodologies using quantitative modeling. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, p. 241-264, 2002.

BORGES, A. C. G. **O processo de obtenção da qualidade de produto do suco de laranja concentrado congelado brasileiro**. 1997. 160 p. Dissertação – CCET - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1997.

BOTEON, M., NEVES, E. M. Citricultura brasileira: aspectos econômicos. In: MATTOS, D. Jr. et al. (Ed.) **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico e Fundag, p. 19-36, 2005.

BRADDOCK, R.J.: **Handbook of Citrus By-products and Processing Technology**. John Wiley & Sons, 1999.

BROWN INTERNATIONAL CORPORATION. Disponível em: <<http://www.brown-intl.com/>>. Acesso em: 22 jan. 2010.

CENTRO DE CITRICULTURA APTA - SYLVIO MOREIRA. Disponível em: <<http://www.centrodecitricultura.br>>. Acesso em: 03 nov. 2009.

CITRUSBR. **Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos**. Disponível em: <<http://www.citrusbr.com.br>>. Acesso em: 16 jul. 2011.

COUGHLAN, P.; COGHLAN, D. Action research for operations management. **International Journal of Operations & Production Management**. v. 22, n. 2, p. 220-240 (21), 2002.

DESCARTES, R. **Discurso do Método**. Tradução de Paulo Neves. Porto Alegre: L&PM, 2009.

FACHINELLO, J.C.; NACHTIGAL, J.C.; KERSTEN, E. **Fruticultura fundamentos e práticas**. Pelotas: Editora UFPel, 1996. 311p

FORZA, C. Survey research in operations management: a process-based perspective. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, p.152-194, 2002.

FREITAS, H.; OLIVIERA, M.; SACCOL, A.; MOSCAROLA, J. O método de pesquisa survey. **Revista de Administração**, v. 35, n. 3, p.105-112, 2000.

FUNDECITRUS – Fundo de Defesa da Citricultura. **Manuais Técnicos**. Disponível em: <<http://www.fundecitrus.com.br>>. Acesso em: 03 nov. 2009.

GABAN, L. C. **Análise Comparativa das instituições e organizações agroindustriais cítricas dos estados da Flórida (EUA) e São Paulo (Brasil)**. São Carlos: 2008. 191p. Mestrado - CCET - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

GARVIN, D. A. **Gerenciando a qualidade: a visão estratégica e competitiva**. Qualitymark Editora Ltda. 1992.

GRUBISIC, V. V. F.; OGLIARI, A. Methodology for the integrated management of technical and managerial risks related to the product design process. **Product: Management & Development**, v. 7, n. 2, p. , December 2009.

HANSEN, R. C. **Overall Equipment Efficiency (OEE) using iPlus**. Industrial Press Inc, 2002.

HARBOUR, J. L. **The Basics of performance Measurement**. Productivity Press, 1997.

HASSE, G. **A Laranja no Brasil**. São Paulo, Edição de Duprat & Iobe, 1987. Propaganda.

JBT. **FoodTech**. 2008. Folder.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. **A estratégia em ação: Balanced Scorecard**. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

LIMA, L. S. **Modelo de Sistema de Gestão da Qualidade para propriedades rurais leiteiras**. 2005. 145 p. Mestrado (Dissertação de Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1995.

MARTINS, R. A.; COSTA NETO, P. L. O. Indicadores de desempenho para a gestão pela qualidade total: uma proposta de sistematização. **Gestão & Produção**, v. 5, n. 3, p 298-311, 1998.

MENDES, M. Para onde vai a citricultura, após as mudanças no setor? **Folha de São Paulo**, São Paulo, 12 jul. 2011.

NEVES, M. F. **O retrato da citricultura brasileira**. Markestrat – Centro de Pesquisa e Projetos em Marketing e Estratégia, 2010.

NEVES, M. F.; NEVES, E. M.; JANK, M. S.; LOPES, F. F.; AMARO, A. A.; TROMBIN, V. G.; **Caminhos para a citricultura: uma agenda para manter a liderança mundial**. São Paulo: Atlas, 2007.

OLIVEIRA, P. S. **Metodologia das Ciências Humanas**. São Paulo: Unesp, 1998.

REDD, J. B.; HENDRIX, C. M. Jr.; HENDRIX, D. L. **Quality Control Manual for Citrus Processing Plants**. Book I. Intercit Inc., 1986.

ROCHA, H. F. C.; CARVALHO, H. F. Gripe H1N1 alavanca o preço do suco na bolsa americana. **Revista Citricultura Atual**, Ano XII, n. 73, p.10-11, Dezembro de 2009.

SLACK, N. et al. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 2002. 747 p.

SUPANVANIJ, J.; AMINE, L. S. Consumer Perception of Country-of-Origin Effect and Brand Effect. **Latin American Business Review**. v. 1, n. 4, p. 47-60, 2000.

TOLEDO, J. C. Qualidade total do produto. **Produção**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 21-37, 1991.

VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. Case research in operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, p. 195-219, 2002.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

## BIBLIOGRAFIA

ABECITRUS. **Associação Brasileira dos Exportadores de Cítricos**. Disponível em: <<http://www.abecitrus.com.br>>. Acesso em: 02 jul. 2008.

AGROFIT. Disponível em: <<http://www.agrofit.com.br/portal/>>. Acesso em: 04 fev. 2010.

AMARAL, D. C. **Colaboração cliente-fornecedor no desenvolvimento de produto: integração, escopo e qualidade do projeto do produto - estudos de caso na indústria automobilística brasileira**. 1997. 195 p. Mestrado- CCET - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1997.

ARAGÃO A. B.; SCAVARDA L. F.; HAMACHER, S. Modelo de análise de cadeias de suprimentos: Fundamentos e aplicação às cadeias de cilindros de GNV. **Revista Gestão & Produção**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 3, p. 299-311, set.-dez. 2004.

ARAÚJO, G. S. **Mudanças nas relações contratuais na citricultura: um estudo de caso**. Prof. Dr. Hildo Meirelles de Souza Filho; Prof. Dr. Luiz Fernando de Oriani e Paulillo; Prof. Dr. Antônio Márcio Buainain. 2006. 202 p. Mestrado (Dissertação - Engenharia de Produção) - CCET - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS EXPORTADORES DE SUCOS CÍTRICOS. Disponível em: <<http://www.citrusbr.com>>. Acesso em: 28 dez. 2009.

AYRES, A. J. **Intensidade da clorose variegada dos citros em pomares comerciais de laranja do estado de São Paulo e sul do triângulo mineiro**. 2000. 59 p. Mestrado - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2000.

BORGES, A. C. G.; TOLEDO, J. C. **O processo de formação da qualidade de produto do suco de laranja concentrado congelado**. Departamento de Direito e Administração de Empresa - Fundação de Ensino “Eurípedes Soares da Rocha” – Marília – SP; Departamento de Engenharia de Produção – Universidade Federal de São Carlos – São Carlos – SP

BOTEON, M.; BRAGA, D. Melhor Remuneração no passado pode dar fôlego ao citricultor em 2009. **Revista Citricultura Atual**, Ano XII, n. 70, p. 4., junho de 2009.

BOX, G. E. P.; HUNTER, W. G.; HUNTER, J. S. **Statistics for experimenters**. New York: John Willey & Sons Inc., 1978.

BRYMAN, A. **Research Methods and Organization Studies**. New York: Routledge Publ., 1989.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. **ESALQ/USP**. Disponível em: <[http://www.cepea.esalq.usp.br/citros/?id\\_page=707](http://www.cepea.esalq.usp.br/citros/?id_page=707)>. Acesso em: 08 nov. 2009.

CITRUS JUICE EXTRACTION. **Feasibility Study**. Disponível em: <<http://www.lepelle-nkumpi.gov.za/docs/feasibility/JUICE%20FEASIBILITY.pdf>>. Acesso em: 28 dez. 2009.

DRAPER, N. R.; STONEMAN, D.M. Factor changes an linear trends in eight-run two level factorial designs. **Technometrics**, v. 10, p. 301-311, 1968.

FOSTER, D.; JONKER, J. Towards a third generation of quality management: Searching for theoretical re-conceptualisation of contemporary organisations based on the notions of stakeholders and transactivity. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 24, n. 7, p. 683-703, 2007.

FRATA, Marcela T. **Análise descritiva quantitativa e mapa de preferência externo de suco de laranja**. 2002. 90p. Dissertação - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Departamento de Alimentos e Nutrição, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Araraquara, 2002.

JOINER, B. L.; CAMPBELL, C. Designing experiments when run order is important. **Technometrics**, v. 18, n. 3, p. 249-259, 1976.

JUGEND, D. **Desenvolvimento de produtos em pequenas e médias empresas de base tecnológica: práticas de gestão no setor de automação de controle de processos**. Prof. Dr. Sérgio Luis da Silva; Prof. Dr. José Carlos de Toledo; Prof. Dr. Daniel Capaldo Amaral; Profa. Dra. Márcia Elisa Soares Echeveste; prof. Dr. Alceu Gomes ALves Filho. 2006. 125 p. Dissertação - CCET - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

KIMBALL, D. A. **Citrus Processing Quality Control and Technology**. AGScience, 1991.

MEDEIROS, E. S. **Desenvolvimento de sensores de polímeros condutores para avaliação de sucos de laranja**. Prof. Dr. Rinaldo Gregório Filho; Prof. Dr. José Augusto Marcondes Agnelli; Prof. Dr. José Alexandrino de Sousa; Prof. Dr. José Antonio Malmonge; Prof. Dr. Fernando Josepetti Fonseca. 2006. 218 p. Tese - CCET - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

MENDES, M. A Consolidação do NFC. **Revista Citricultura Atual**, Ano XII, n. 69, p. 10-11, abril de 2009.

MONTEIRO, A. R. G. **Processo de desenvolvimento de produtos na indústria de biscoitos: estudos de caso em fabricantes de médio e grande porte, fornecedores e prestadores de serviços**. Prof.Dr. Manoel Fernando Martins; Prof.Dr. Jose Carlos de Toledo; Prof.Dr. Dario Henrique Alliprandini; Prof.Dr. Daniel Capaldo Amaral. 2003. 142 p. Dissertação CCET - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

MUNHOZ, J. R.. **Um modelo baseado em programação linear e programação de metas para análise de um sistema de produção e distribuição de suco concentrado congelado de laranja**. Prof.Dr. Reinaldo Morabito Neto; Prof.Dr. Flavio Cesar Faria Fernandes; Prof.Dr.

Marcos Nereu Arenalles; Prof.Dr. Hugo Tsugunobu Yoshida Yoshizaki. 2000. 214 p. Dissertação - CCET - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2000.

NETO, B. B.; SCARMINIO, I.S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos**. Pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria. Campinas: Unicamp, 2003.

NEVES, M. F.; LOPES, F. **Estratégias para a Laranja no Brasil**. São Paulo: Atlas, 2005.

RAFAELI, L.; MÜLLER, C. J. Estruturação de um índice consolidado de desempenho utilizando o AHP, **Gestão & Produção**, local de publicação, v. 14, n. 2, p. 363-377, maio, 2007.

ROZENFELD, H.; et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos**: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006. 542 p.

RUY, M. **Aprendizagem organizacional no processo de desenvolvimento de produtos**: estudo exploratório em três empresas manufatureiras. Prof.Dr. Dario Henrique Alliprandini; Prof.Dr. Jose Carlos de Toledo; Prof.Dr. Paulo Tromboni de Souza Nascimento; Prof.Dr. Henrique Rozenfeld. 2002. 131 p. Dissertação – CCET - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2002.

SHIBA S.; GRAHAM, A.; WALDEN, D. **TQM**: quarto revoluções na gestão da Qualidade. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

THE FMC WHOLE CITRUS JUICE EXTRATOR. Disponível em: <<http://files.asme.org/ASMEORG/Communities/History/Landmarks/5549.pdf>>. Acesso em: 28 dez. 2009.

VICENTIN, D. Você sabe quando é a hora de fazer um Design of Experiments (DOE)? **Revista Banas Qualidade Excelência Six Sigma**, v., n., p. ,set./out. 2007.

VIEIRA, A. C. **Desafios para os pequenos produtores de laranja do estado de São Paulo diante de novos fatores na relação agricultura/indústria nos anos 90**. 1998. 191 p. Dissertação – CCET - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1998.

VIEIRA, S. **Análise de Variância**. São Paulo: Atlas, 2006.

VIEIRA, S.; HOFFMAN, R. **Estatística Experimental**. São Paulo: Atlas, 1989.

WINER, B.J., **Statistical Principles in Experimental Design**. 2. ed. International Student Edition – McGraw – Hill Kogakusha, LTD., 1962.