

MAURÍCIO MASAYUKI HONDA

**MELHORIA DE PROCESSOS ATRAVÉS DO DELINEAMENTO DE
EXPERIMENTOS APLICADO A UMA INDÚSTRIA DE COSMÉTICOS**

Trabalho de formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do Diploma de
Engenheiro de Produção

São Paulo
2007

MAURÍCIO MASAYUKI HONDA

**MELHORIA DE PROCESSOS ATRAVÉS DO DELINEAMENTO DE
EXPERIMENTOS APLICADO A UMA INDÚSTRIA DE COSMÉTICOS**

Trabalho de formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do Diploma de
Engenheiro de Produção

Orientador:

Prof. Dr. José Joaquim do Amaral Ferreira

São Paulo
2007

FICHA CATALOGRÁFICA

Honda, Maurício Masayuki

Melhoria de processos através do delineamento de experimentos aplicado a uma indústria de cosméticos / M.M. Honda. -- São Paulo, 2007.

102 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

1.Administração da qualidade 2.Controle de processos I.Universidade de São Paulo.Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II.t.

À minha família, que sempre esteve ao meu lado, acompanhando e apoiando todos os meus esforços para chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer todas as pessoas que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho, especialmente o Professor Doutor José Joaquim do Amaral Ferreira, que aceitou a missão de ser meu orientador e desempenhou sua função de maneira correta e bastante satisfatória.

Gostaria também de citar a importância do papel desempenhado por Elena Nossyreva, minha chefe e tutora durante o meu estágio no Grupo Yves Rocher, e por todos os membros da equipe do projeto *Colis / Calage*, cujas contribuições foram essenciais e me ajudaram muito no decorrer do projeto.

Aos professores do departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da USP e aos professores do departamento *Management Industriel* da *École Nationale des Ponts et Chaussées*, que contribuíram para minha dupla formação acadêmica e profissional, no Brasil e na França, gostaria de dirigir meus sinceros agradecimentos.

Não poderia deixar de mencionar também todos os meus amigos e colegas, que me ajudaram em tantos momentos dos meus estudos.

E, por último, gostaria de agradecer os meus pais pela ajuda na revisão do texto deste trabalho e, principalmente, pelo suporte e apoio nos momentos mais difíceis.

RESUMO

Atualmente, a venda à distância representa mais da metade da receita do Grupo Yves Rocher e é um elemento chave na sua estratégia competitiva. Com o objetivo de reduzir o número de reclamações recebidas de clientes insatisfeitos com o estado de conservação dos produtos expedidos, o departamento de Qualidade manifestou interesse em um estudo das atividades de preparação das encomendas. Esse estudo, realizado na região da Bretanha, na França, constitui o objeto deste trabalho e foi chamado de projeto *Colis / Calage*. Através do método do delineamento de experimentos, realizaram-se testes de forma planejada, cujos resultados tornaram possível uma maior compreensão dos fatores que afetam o desempenho dos processos envolvidos. Isso permitiu a elaboração de recomendações para aumentar o desempenho da atividade estudada, constituindo um passo importante para o processo de melhoria contínua.

Palavras-chave: Qualidade. Melhoria de processos. Delineamento de experimentos. Venda à distância.

ABSTRACT

Nowadays, distance selling represents more than 50% of Group Yves Rocher's revenues and is a key element in its competitive strategy. Aiming a reduction in the number of complaints received from clients that are unsatisfied with the products they received, the Quality department expressed its interest in a study of the activities related with the preparation of the clients' orders. This study was carried out in Brittany, northwestern France. It is the object of this work and was called *Colis / Calage* project. By the method of the design of experiments, organized tests were planned and performed. Their results allowed a better understanding of the factors that affect the performance of the processes involved. Some recommendations to improve the performance of the activity studied were elaborated from these results. These recommendations constitute an important step to the continual improvement process.

Keyword: Quality. Process improvement. Design of experiments. Distance selling.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Evolução do faturamento do grupo em milhões de euros	21
Figura 2 – Efetivo em 2005	21
Figura 3 – Distribuição geográfica do faturamento do grupo	22
Figura 4 – Organização comercial do Grupo Yves Rocher	24
Figura 5 – Distribuição geográfica das usinas do Grupo Yves Rocher	26
Figura 6 – Organização industrial do Grupo Yves Rocher	27
Figura 7 – Fluxo de informações, fluxo físico e divisões industriais no Grupo Yves Rocher	27
Figura 8 – Etiqueta colada na caixa	29
Figura 9 – Exemplo de um posto do ateliê de <i>picking</i>	30
Figura 10 – Códigos identificando os diferentes produtos de um posto	30
Figura 11 – Exemplo de etiqueta identificando uma encomenda	31
Figura 12 – Ateliê de controle ponderal	32
Figura 13 – Amido de milho utilizado como <i>calage</i>	32
Figura 14 – Posto de preenchimento das caixas com <i>calage</i>	33
Figura 15 – Caixas já preenchidas com <i>calage</i>	33
Figura 16 – Máquina de fechamento das caixas	34
Figura 17 – Caixas fechadas após a passagem pela máquina	34
Figura 18 – Ateliê de paletização	35
Figura 19 – Carregamento pelo método das pilhas organizadas	36
Figura 20 – Exemplo de fluxograma	41
Figura 21 – Exemplo de diagrama de causa e efeito	43
Figura 22 – Exemplo de resíduos em gráfico linear	49
Figura 23 – Fluxograma representando o processo de preparação das encomendas	58
Figura 24 – Diagrama de causa e efeito para o processo de preparação de encomendas	60
Figura 25 – Tambor hexagonal utilizado nos testes	63
Figura 26 – Sabonete líquido <i>Pur Désir Pivoine</i> frasco 200 mL	64
Figura 27 – Água de colônia <i>Cléa</i> frasco 100 mL	64
Figura 28 – <i>Lifting Corps</i> enriquecido frasco 150 mL	64
Figura 29 – Sombra <i>Bleu Attica</i>	65
Figura 30 – Mini-perfume <i>Rose Absolue</i> frasco 5 mL	65
Figura 31 – Volume de encomendas em 2006 por tipo de caixa para o <i>CPC</i> de <i>La Croix des Archers</i>	66
Figura 32 – Recipiente graduado utilizado na medição da quantidade de isolamento mecânico	68
Figura 33 – Exemplos de produtos da categoria 1	69
Figura 34 – Exemplo de produto da categoria 2	70
Figura 35 – Resíduos em gráfico linear	72
Figura 36 – Gráfico de interações	74
Figura 37 – Variável de resposta em função do fator <i>B</i> para o nível 1 do fator <i>A</i>	76
Figura 38 – Variável de resposta em função do fator <i>B</i> para o nível 2 do fator <i>A</i>	76
Figura 39 – Variável de resposta em função do fator <i>B</i> para o nível 3 do fator <i>A</i>	77
Figura 40 – Visão geral de um centro de triagem	90
Figura 41 – Exemplo de descarregamento	91
Figura 42 – Esteira de entrada do centro de triagem	91
Figura 43 – Esteira de entrada do anel principal	92

Figura 44 – Pacote sobre uma plataforma do anel principal	92
Figura 45 – Zona dos containeres	93
Figura 46 – Pacote caindo dentro do container correspondente à sua direção de destinação ..	93
Figura 47 – Carregamento em pilhas não organizadas	94

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – As marcas e os modelos de distribuição do Grupo Yves Rocher.....	23
Tabela 2 – Matriz geral de experimentos para o modelo fatorial de dois fatores.....	48
Tabela 3 – Outra forma de apresentar os dados para o modelo fatorial de dois fatores	48
Tabela 4 – Tabela geral de análise de variância para o experimento fatorial de dois fatores..	52
Tabela 5 – Cálculo das somas de quadrados para os modelos linear e quadrático.....	53
Tabela 6 – Tabela de análise de variância modificada para o estudo dos modelos linear e quadrático	54
Tabela 7 – Dimensões dos diferentes tipos de caixa.....	67
Tabela 8 – Níveis do fator <i>A</i> (tipo de caixa).....	67
Tabela 9 – Níveis do fator <i>B</i> (quantidade de <i>calage</i>).....	68
Tabela 10 – Matriz de experimentos para o modelo fatorial 3^2 com vinte repetições.....	71
Tabela 11 – Matriz de experimentos com os resultados dos testes realizados	71
Tabela 12 – Tabela de análise de variância para a análise dos resultados dos testes	72
Tabela 13 – Valores de F_α para 240 graus de liberdade do denominador	73
Tabela 14 – Volume em litros de <i>calage</i> utilizado para cada combinação dos fatores <i>A</i> e <i>B</i> ..	78
Tabela 15 – Distribuição <i>F</i> de Snedecor ao nível de 10% de probabilidade.....	97
Tabela 16 – Distribuição <i>F</i> de Snedecor ao nível de 5% de probabilidade.....	98
Tabela 17 – Distribuição <i>F</i> de Snedecor ao nível de 2,5% de probabilidade.....	99
Tabela 18 – Distribuição <i>F</i> de Snedecor ao nível de 1% de probabilidade.....	100
Tabela 19 – Distribuição <i>F</i> de Snedecor ao nível de 0,5% de probabilidade.....	101
Tabela 20 – Coeficientes dos polinômios ortogonais para $n = 3$	102

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<i>CPC</i>	<i>Centre de Préparation de Commandes</i>
<i>Diad</i>	<i>Division Industrie, Approvisionnements et Distribution</i>
<i>ENPC</i>	<i>École Nationale des Ponts et Chaussées</i>
<i>Fmea</i>	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>
<i>GL</i>	Graus de Liberdade
<i>PFE</i>	<i>Projet de Fin d'Études</i>
<i>PLC</i>	<i>Plate-forme Logistique Centrale</i>
<i>QM</i>	Quadrado Médio
<i>SCM</i>	<i>Supply Chain Management</i>
<i>SQ</i>	Soma de Quadrados
<i>TF</i>	Trabalho de Formatura
<i>VAD</i>	Vente à Distance
<i>VD</i>	<i>Vente Directe</i>
<i>VPM</i>	<i>Vente par Magasin</i>

SUMÁRIO

1	Introdução.....	19
2	Definição do problema.....	21
2.1	Descrição da empresa.....	21
2.1.1	A organização comercial.....	24
2.1.2	A organização industrial.....	25
2.2	A atividade logística da VAD.....	27
	Logística VAD: parte interna ao Grupo Yves Rocher.....	28
2.3	O projeto Colis / Calage.....	36
2.3.1	O objetivo do projeto.....	37
2.3.2	O perímetro do projeto.....	37
3	Revisão bibliográfica.....	39
3.1	Compreender e descrever o processo atual.....	40
	Mapeamento dos processos.....	40
3.2	Identificar e analisar as causas.....	41
	Diagrama de causa e efeito.....	42
3.3	Elaborar propostas de melhoria e implementá-las.....	43
	Delineamento de experimentos.....	44
4	Aplicação do método.....	57
4.1	Compreender e descrever o processo atual.....	57
4.2	Identificar e analisar as causas.....	59
4.3	Elaborar propostas de melhoria e implementá-las.....	62
4.3.1	Escolha dos fatores de controle e dos níveis dos fatores.....	66
4.3.2	Seleção das variáveis de resposta.....	69
4.3.3	Escolha do tipo de experimento.....	70
4.3.4	Análise dos dados.....	71
4.3.5	Conclusões e recomendações.....	77
5	Comentários.....	83
6	Conclusão.....	85
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
	APÊNDICE A – Logística VAD: parte externa ao Grupo Yves Rocher.....	89
	ANEXO A – Ciclo de oportunidades de Harrington.....	95
	ANEXO B – Tabelas.....	97

1 Introdução

O Trabalho de Formatura (TF) é a oportunidade, para o aluno, de pôr em prática, em uma situação real, os conhecimentos que ele adquiriu durante seus anos na Escola. É um trabalho de conclusão muito importante, pois ele mostrará se o aluno está pronto para passar da vida escolar e acadêmica à vida profissional.

Este trabalho tem por objetivo a descrição do projeto realizado durante o estágio deste autor no Grupo Yves Rocher, junto ao departamento chamado *Division Industrie, Approvisionnement et Distribution (Diad)*, Departamento de Indústria, Suprimentos e Distribuição, em português, mais precisamente dentro da subdivisão Distribuição. Esse estágio foi efetuado em sua maior parte na região de Paris, na França, em período integral, e teve duração de cinco meses. Ele serviu de base para a realização do *Projet de Fin d'Études (PFE)*, Projeto de Conclusão de Curso, em português, deste autor na *École Nationale des Ponts et Chaussées (ENPC)*.

Inicialmente será feita uma breve descrição da empresa e de suas atividades. Esta primeira parte permitirá ao leitor ter uma melhor compreensão do contexto no qual se insere o projeto estudado, de forma a entender a sua importância para a empresa.

Uma vez contextualizado o projeto, será feita uma descrição mais detalhada, começando com uma visão geral das atividades envolvidas em seu perímetro para, em seguida, serem apresentados seus objetivos. Dessa forma, ficará definido o problema a ser resolvido.

A metodologia utilizada na resolução desse problema foi resultado de uma pesquisa bibliográfica realizada ao redor do tema “melhoria de processos”, levando-se em consideração os aspectos próprios ao projeto em questão. A seção 3 apresentará essa revisão bibliográfica, juntamente com a metodologia que se mostrou mais adequada à resolução do problema exposto.

A seção seguinte corresponde à aplicação da metodologia adotada. Serão descritas as ações realizadas até a obtenção da solução para o problema identificado inicialmente.

No final, será feito um balanço do projeto, onde serão descritos os resultados obtidos, que serão comparados com os objetivos iniciais. A conclusão deste trabalho se dará através de uma recapitulação do que foi feito, com o impacto, positivo e/ou negativo, que teve o projeto para a empresa.

2 Definição do problema

Nesta seção, será contextualizado este trabalho, de forma a mostrar como foi feita a identificação e a definição do problema a ser analisado.

2.1 Descrição da empresa

As atividades do Grupo Yves Rocher estão ligadas, essencialmente, à produção, à distribuição e à venda de produtos cosméticos. No entanto, o grupo também apresenta outras atividades tais como a pesquisa em laboratórios de biologia vegetal e a produção e distribuição de produtos têxteis e de limpeza, sob outras marcas.

O grupo teve um faturamento de 2 bilhões de euros em 2005 e está presente nos 5 continentes, em 88 países diferentes, apresentando um efetivo de 15 300 pessoas e gerando mais de 230 000 empregos indiretos.



Fonte: www.job.groupe-yvesrocher.com

Figura 1 – Evolução do faturamento do grupo em milhões de euros



Fonte: adaptada de www.job.groupe-yvesrocher.com

Figura 2 – Efetivo em 2005



Fonte: adaptada de www.job.groupe-yvesrocher.com

Figura 3 – Distribuição geográfica do faturamento do grupo

A organização do Grupo Yves Rocher é feita de forma matricial, por marca e por tipo de atividade.

As marcas do grupo estão divididas em três grandes categorias: as de produtos cosméticos, as de produtos de limpeza e as de produtos têxteis. A percentagem do faturamento do grupo que corresponde à marca Yves Rocher é, de longe, a maior de todas. Entretanto, a segunda e a terceira maiores percentagens correspondem a marcas de produtos diversos: Stanhome e Petit Bateau.

As marcas de produtos cosméticos do grupo Yves Rocher são:

- **Yves Rocher** (1959): líder mundial de produtos cosméticos provenientes da biologia vegetal
- **Daniel Jouvance** (1980): número 1 na cosmética marinha
- **Docteur Pierre Ricaud** (1985): especialista em produtos contra o envelhecimento
- **Santé Naturelle** (1987): complementos alimentares
- **Isabel Derroisné** (1995): desenvolve novos conceitos em perfumaria
- **Kiotis** (2000): elabora produtos cosméticos com base nos benefícios ancestrais dos óleos essenciais
- **Galerie Noémie** (2001): produtos cosméticos (maquiagem “criativa”)

As marcas de produtos têxteis e de limpeza são:

- **Petit Bateau** (1893): vestuário infantil
- **Stanhome** (1931): representante dos produtos de limpeza

A organização por tipo de atividade é essencial dentro do grupo. Cada tipo de atividade corresponde a um modelo de distribuição. O Grupo Yves Rocher trabalha seguindo três modelos principais:

- A **Vente à Distance (VAD)**, Venda à Distância, em português: representa mais da metade do faturamento do grupo (15 milhões de encomendas por ano) e é realizada por correspondência, telefone ou Internet
- A **Vente par Magasin (VPM)**, Venda em Lojas, em português: representa 30% do faturamento do grupo e é realizada nas lojas das diversas marcas do grupo (550 lojas na França e 1 500 no resto do mundo)
- A **Vente Directe (VD)**, Venda Direta, em português: representa 15% do faturamento do grupo e é realizada por meio de reuniões organizadas a domicílio e conduzidas por consultoras da marca em questão

Nem todas as diferentes marcas são distribuídas por todos os três modelos de distribuição principais. A Tabela 1 mostra a correspondência entre as marcas e os diferentes modelos:

Tabela 1 – As marcas e os modelos de distribuição do Grupo Yves Rocher

Marca	VAD	VPM	VD
Yves Rocher	X	X	X
Daniel Jouvance	X		
Docteur Pierre Ricaud	X	X	
Isabel Derroisné	X		
Kiotis			X
Galerie Noémie	X	X	
Santé Naturelle	X		
Stanhome			X
Petit Bateau	X	X	

O Grupo Yves Rocher está organizado em dois grandes departamentos: o Departamento Comercial e o Departamento de Indústria, Suprimentos e Distribuição.

2.1.1 A organização comercial

O Departamento Comercial é organizado por tipo de atividade (*VAD*, *VPM*, *VD*). Essa estrutura por tipo de atividade é bastante evidente e revela uma clara distinção entre os conhecimentos, experiências e procedimentos de cada uma. Por exemplo, determinar as previsões de vendas para a *VAD* exige um trabalho completamente diferente que para a *VPM* ou para a *VD*. Cada modelo de distribuição possui seus próprios métodos de trabalho e sua própria direção.

A estrutura unitária da organização comercial dentro do Grupo Yves Rocher é o que se chama de “rede”. Uma rede é um binômio “tipo de atividade – país” e pertence a uma zona comercial. Uma zona comercial, por sua vez, é um conjunto de redes de um mesmo tipo de atividade para uma zona geográfica maior. Ela fica sob a responsabilidade de um tipo de atividade, que, por sua vez, fica sob a responsabilidade de uma das marcas do grupo (ver Figura 4 abaixo).

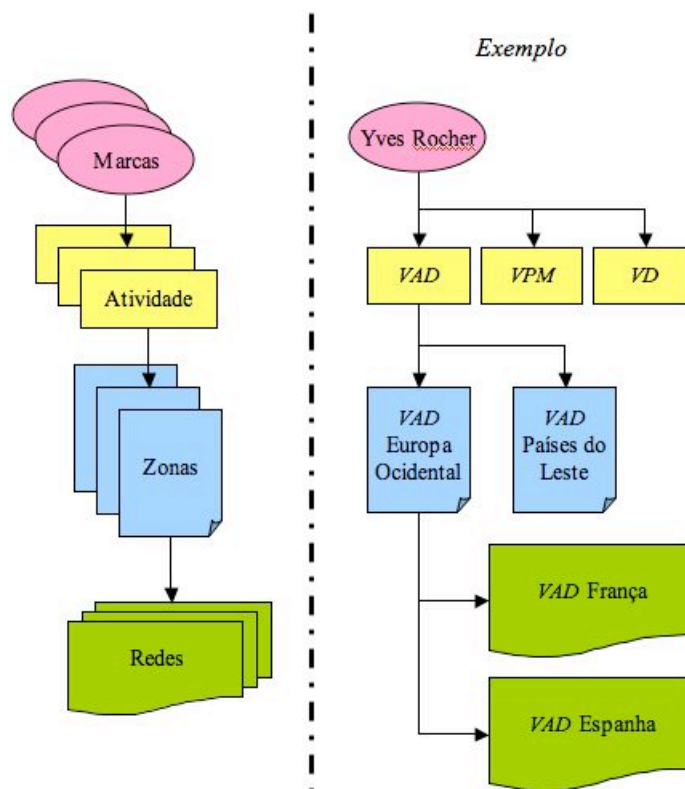


Figura 4 – Organização comercial do Grupo Yves Rocher

2.1.2 A organização industrial

Paralelo à organização comercial está o Departamento de Indústria, Suprimentos e Distribuição, mais conhecido pela abreviação francesa *Diad*. A *Diad* reúne, de um lado, a parte responsável pela indústria e pelos suprimentos e, de outro lado, a parte responsável pela distribuição. Resumidamente, se a cadeia logística for dividida em duas partes, a primeira (subdivisão Indústria e Suprimentos) compreenderá todas as entidades e atividades até a produção, ou seja, a montante (fornecimento de matérias-primas, programação da produção, etc.) e a segunda (subdivisão Distribuição), as entidades e atividades envolvidas após a produção, a jusante (gestão dos estoques, expedições, transporte, etc.).

As seis fábricas do Grupo Yves Rocher e o departamento de Compras estão sob a responsabilidade da subdivisão Indústria e Suprimentos. Cada unidade de produção é dedicada a uma tecnologia específica:

- **Les Villes Geffs** (região da Bretanha, França): produtos de higiene pessoal, capilares e de cuidados para o corpo
- **Ploërmel** (região da Bretanha, França): perfumes
- **Rieux** (região da Bretanha, França): maquiagem
- **Signes** (sul da França): cremes e leites
- **Cork** (Irlanda): extratos de plantas e cremes
- **Vallejo** (México): detergentes e produtos cosméticos

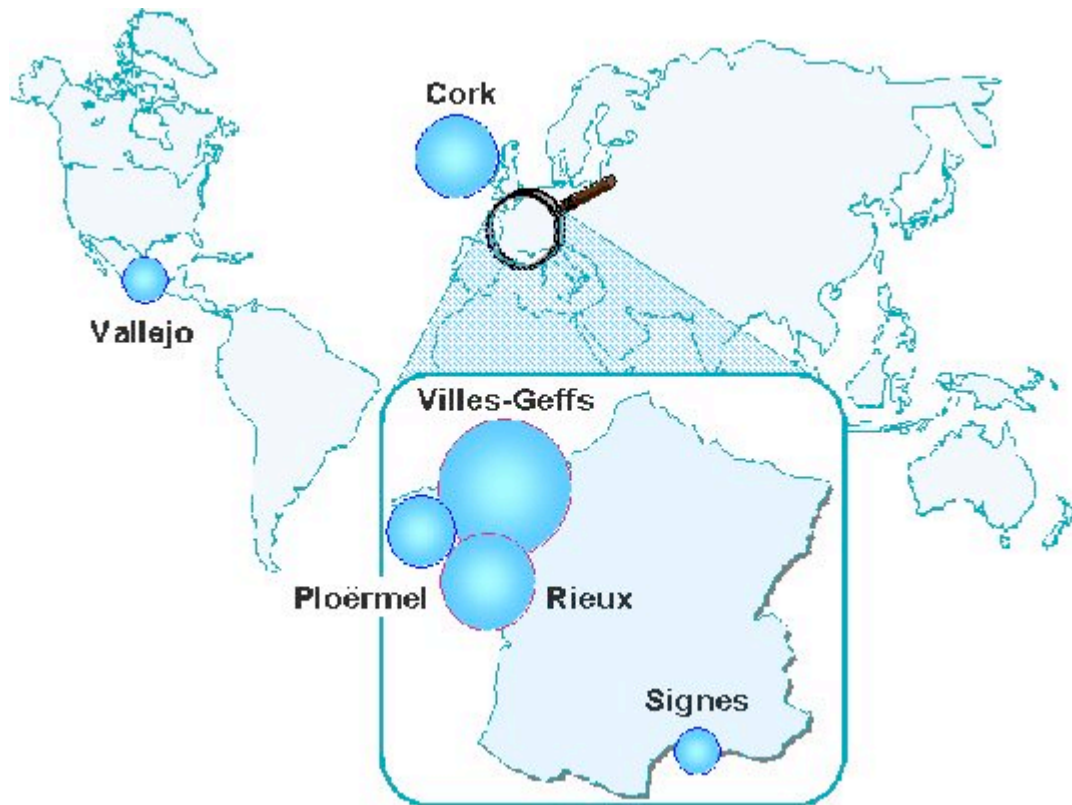


Figura 5 – Distribuição geográfica das usinas do Grupo Yves Rocher

A subdivisão Distribuição compreende principalmente:

- A *Plate-forme Logistique Centrale (PLC)*, Plataforma Logística Central, em português: plataforma logística que centraliza os estoques, conectada às unidades de produção e aos centros de preparação de encomendas
- Os *Centres de Préparation de Commandes (CPCs)*, Centros de Preparação de Encomendas, em português: centros de distribuição onde as encomendas são preparadas e expedidas aos clientes
- A *Supply Chain Management (SCM)*, Gestão da Cadeia de Suprimentos, em português: serviço central encarregado da gestão dos fluxos logísticos da cadeia de suprimentos global

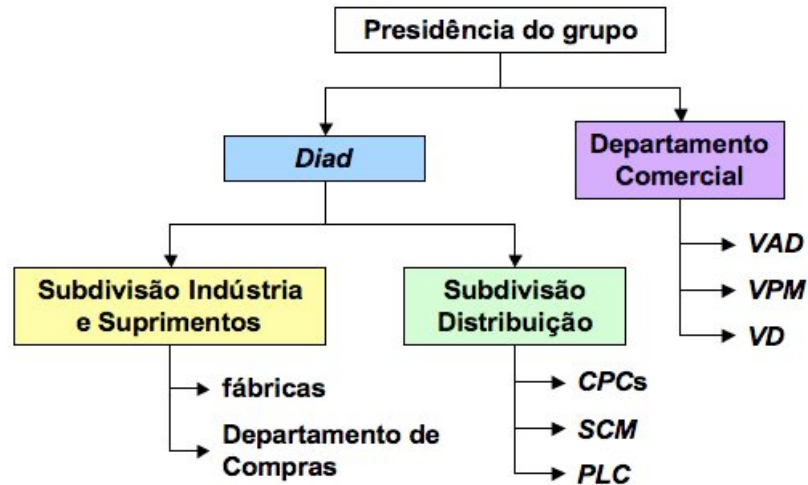


Figura 6 – Organização industrial do Grupo Yves Rocher

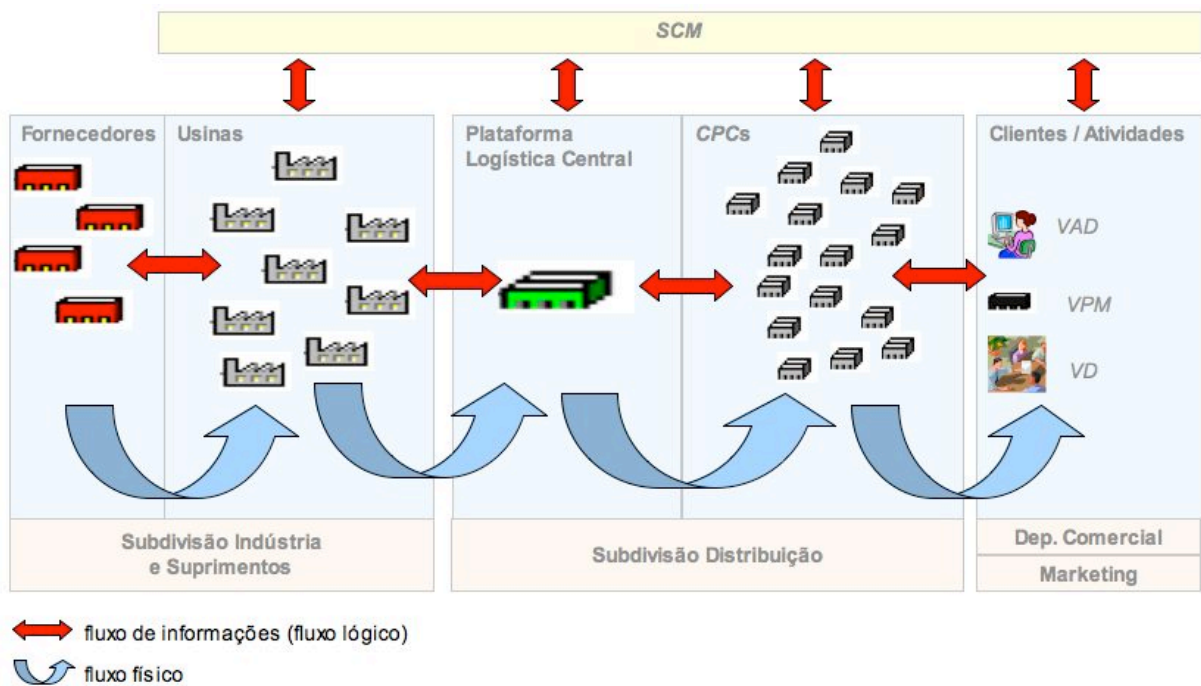


Figura 7 – Fluxo de informações, fluxo físico e divisões industriais no Grupo Yves Rocher

2.2 A atividade logística da VAD

Esta parte do trabalho será dedicada a uma descrição mais detalhada de cada etapa logística que faz parte da atividade da *VAD*. Essa atividade é dividida em duas grandes partes: a parte realizada dentro dos *CPCs*, também chamada de parte interna ao Grupo Yves Rocher,

e a parte realizada pelos distribuidores, que será chamada de parte externa ao Grupo Yves Rocher.

Evidentemente, existem outras funções realizadas antes, como a recepção dos pedidos dos clientes, a planificação das ordens de preparação das encomendas, o suprimento de produtos, etc.... Essas funções não foram consideradas neste estudo, pois seu impacto na preservação dos produtos expedidos não é importante.

Além disso, deve-se notar que a chamada “parte externa ao Grupo Yves Rocher” será apresentada apenas no Apêndice A, pois não faz parte do escopo do projeto *Colis / Calage*. Esses processos eram de responsabilidade de outras empresas e estavam muito além do perímetro de responsabilidades deste autor. Sua presença na análise realizada serviu para ilustrar as condições às quais eram submetidos os pacotes uma vez que eles deixavam o *CPC*.

Logística VAD: parte interna ao Grupo Yves Rocher

A parte interna representa, de maneira grosseira, a preparação das encomendas nos *CPCs* e o carregamento dos caminhões no ateliê de expedição. As encomendas são preparadas em linhas de produção. Uma esteira transporta as caixas do começo ao final da linha, passando por todos os ateliês. No final da linha, encontram-se as caixas preenchidas, fechadas e prontas a serem paletizadas (existem outras formas de expedir as encomendas além dos páletes, que serão detalhadas mais tarde neste relatório).

Antes da encomenda ser preparada, um sistema comercial realiza, automaticamente, a escolha da caixa mais apropriada, considerando as dimensões e o volume dos produtos pedidos. Uma caixa do tipo escolhido é então colocada sobre a esteira e, já no primeiro ateliê, recebe duas etiquetas, como mostrado na imagem abaixo:



Figura 1 – Etiqueta colada na caixa

Essas etiquetas contêm informações como o tipo da caixa, o número do lote, o número do pedido dentro do lote, o endereço de destinação, a quantidade de produtos da encomenda e informações necessárias para o seu preparo. Estas últimas serão apresentadas em detalhes na parte destinada ao ateliê de *picking*.

Uma vez identificada a caixa, é necessário preenchê-la com as quantidades corretas de cada produto. Isso é feito no ateliê de *picking*. Este ateliê é dividido em diversos postos, um atrás do outro, ao longo da esteira. Desta forma, quando a caixa tiver passado pelo ateliê de *picking*, ela terá passado uma vez por cada um de seus diferentes postos. Cada posto é identificado por uma letra e fica sob a responsabilidade de um operador. A Figura 9 mostra um exemplo de posto:



Figura 2 – Exemplo de um posto do ateliê de *picking*

Como se pode observar, cada posto é composto por diversas prateleiras. Cada prateleira, por sua vez, é dividida em diversos compartimentos. A cada compartimento corresponde um produto, que pode ser classificado como um produto propriamente dito, um encarte ou um presente. Eles são identificados por um código composto de uma letra e um número, a letra sendo a mesma do posto em questão, como mostra a Figura 10:



Figura 3 – Códigos identificando os diferentes produtos de um posto

O procedimento para preencher as caixas é bastante simples. O operador olha a etiqueta das caixas que passam pela esteira em frente a ele. Caso identifique códigos que correspondem ao seu posto, ele deve pegar os produtos correspondentes e colocá-los na quantidade correta dentro da caixa. Um exemplo de etiqueta é mostrado abaixo:

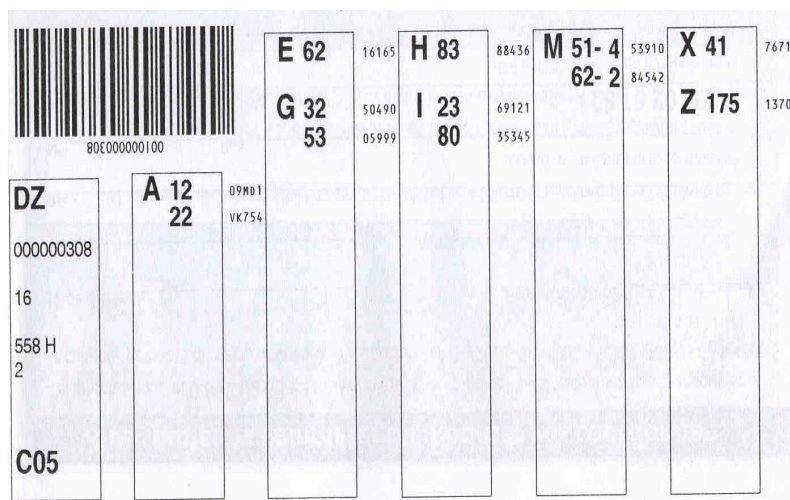


Figura 4 – Exemplo de etiqueta identificando uma encomenda

A partir da segunda coluna, encontram-se os códigos correspondentes aos produtos da encomenda. A letra representa o posto do ateliê de *picking* onde se encontra o produto. O número identifica o compartimento desse posto correspondente ao produto. O segundo número, caso ele exista, indica a necessidade de mais de uma unidade do mesmo produto e corresponde à quantidade necessária. No exemplo acima, o operador do posto M deve colocar na caixa quatro unidades do produto localizado no compartimento 51 e duas unidades do produto localizado no compartimento 62. Nesse mesmo exemplo, dada a ausência de códigos com a letra B, o operador desse posto não precisa fazer nada.

Os outros números da etiqueta compreendem informações que não são importantes no processo de preparação das encomendas.

No final do ateliê de *picking*, a caixa terá passado por todos os postos e deverá, portanto, conter as quantidades corretas de todos os produtos correspondentes ao seu pedido.

Para verificar se a caixa foi preenchida corretamente, um controle ponderal é realizado logo após a passagem da caixa pelo ateliê de *picking*. Todas as caixas são pesadas e seu peso

real é comparado ao seu peso teórico calculado por um sistema. Se a diferença for superior a um limite estabelecido previamente, a caixa é direcionada ao posto de controle *Pack* onde passará por uma verificação manual do seu conteúdo. Caso o conteúdo corresponda ao pedido em questão, recoloca-se a caixa na esteira. Caso contrário, existem duas possibilidades:

- Se a correção do conteúdo da caixa puder ser feita pela simples retirada de um ou mais produtos, o operador a realiza imediatamente e recoloca a caixa na esteira.
- Caso seja necessária a adição de um ou mais produtos, a caixa é esvaziada e deixada de lado. O operador deve então informar o código do pedido ao sistema, para que ele possa ser recolocado no início da linha.

Abaixo, uma ilustração do ateliê de controle:



Figura 5 – Ateliê de controle ponderal

O próximo ateliê é o de preenchimento das caixas com o *calage*. *Calage* é o termo francês para designar calço, fixação. No contexto do projeto, ele corresponde a partículas de amido de milho que são colocadas dentro das caixas a fim de absorver os choques entre os produtos e destes com as paredes internas da caixa. A Figura 13 ilustra o *calage* utilizado pela Yves Rocher:



Figura 6 – Amido de milho utilizado como *calage*

Neste ateliê existe um posto para cada uma das linhas de produção. Cada posto fica sob a responsabilidade de um operador, que deve efetuar duas tarefas:

- Assegurar que os produtos dentro da caixa estejam posicionados suficientemente bem de forma que a máquina de fechamento automático consiga fechá-la
- Colocar partículas de amido de milho dentro da caixa (a quantidade não é fixa)

Abaixo se encontram algumas imagens que ilustram um posto de preenchimento das caixas com *calage*:



Figura 7 – Posto de preenchimento das caixas com *calage*



Figura 8 – Caixas já preenchidas com *calage*

Em seguida, as caixas são transportadas pelas esteiras até as máquinas de fechamento. Essas máquinas dobram as abas das caixas e as colam automaticamente. A única operação manual é a alimentação das máquinas com cola e o seu desbloqueio no caso em que uma caixa que não estava com os seus produtos devidamente posicionados a tenha bloqueado. Estas operações também estão sob a responsabilidade do responsável pelo posto correspondente ao preenchimento com *calage*.



Figura 9 – Máquina de fechamento das caixas



Figura 10 – Caixas fechadas após a passagem pela máquina

No final das linhas de produção, todas as caixas passam por uma triagem que vai direcioná-la ao posto correto do ateliê de paletização. Cada posto desse ateliê corresponde a uma direção de expedição.



Figura 11 – Ateliê de paletização

Os responsáveis por estes postos devem construir pilhas com as caixas que chegam. A maneira de construir essas pilhas depende do jeito que os caminhões vão ser carregados no ateliê de expedição.

Existem duas maneiras principais de se carregar os caminhões para a expedição:

- Os **páletes filmados**: Neste caso, as pilhas de caixas são construídas sobre um pálete. Antes de serem transportadas para dentro do caminhão, essas pilhas são envolvidas com um filme plástico, que protege as caixas e as impede de cair.
- As **pilhas organizadas**: Este método consiste a construir pilhas de caixas sobre uma folha de papel. A empilhadeira que transportará essas pilhas aos caminhões funciona da seguinte forma: Ela puxa a folha de papel fazendo a pilha de caixas deslizar até posicioná-la sobre a sua plataforma. Em seguida, a empilhadeira transporta a pilha de caixas até o interior do caminhão, onde ela irá empurrá-la de forma que ela deslize de sua plataforma até o solo do interior caminhão. (Ver Figura 19.) Durante o descarregamento do caminhão, o solo do seu interior funciona como uma grande esteira, que transporta as pilhas de caixas em direção ao exterior do caminhão.

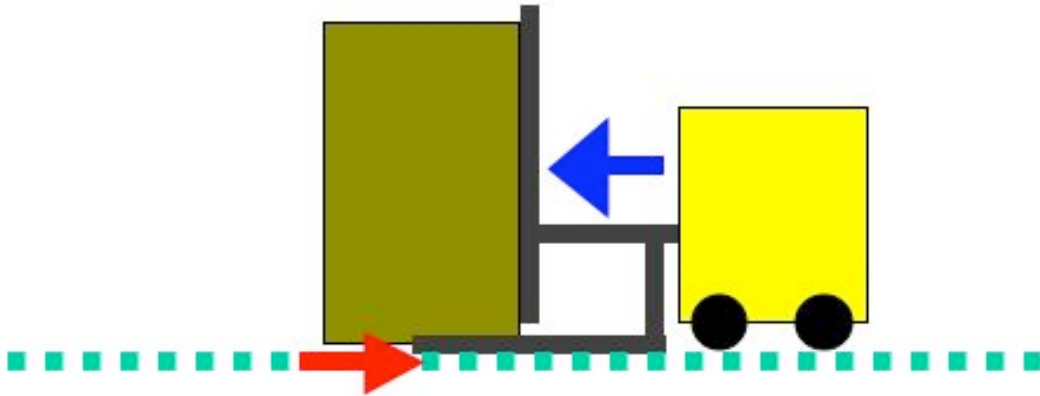


Figura 12 – Carregamento pelo método das pilhas organizadas

O carregamento dos caminhões corresponde à etapa final da parte da logística *VAD* que é interna ao Grupo Yves Rocher.

2.3 O projeto *Colis / Calage*

Conforme foi apresentado, a venda à distância representa uma das atividades principais do grupo. Para ser competitiva no mercado atual, a empresa tem que garantir a satisfação de seus clientes. Neste contexto, isto significa o respeito dos prazos de entrega estipulados, mas, acima de tudo, a recepção, por parte dos clientes, de produtos em um bom estado de conservação.

Com o objetivo de reduzir a taxa de reclamações recebidas por parte dos clientes, um estudo de diversos aspectos logísticos da *VAD*, mais precisamente os que se referiam às caixas (*colis* em francês) e à proteção mecânica (*calage* em francês), foi pedido pelo departamento de Qualidade. A fim de se realizar esse estudo, foi criado um projeto chamado *Colis / Calage*. Toda a duração do estágio deste autor no Grupo Yves Rocher foi dedicada a esse projeto.

Inicialmente foi feito um estudo das atividades logísticas ligadas à *VAD*. Esta etapa teve como objetivo a compreensão dos processos envolvidos e a identificação de parâmetros que pudessem ter uma influência sobre o estado de conservação dos produtos recebidos pelos

clientes. Em seguida, foi efetuada uma análise desses parâmetros. Esta análise foi feita por meio de testes realizados em cooperação com o departamento de Qualidade. O objetivo era determinar proposições de valores para esses parâmetros que reduzissem o número de produtos defeituosos recebidos pelos clientes finais.

2.3.1 O objetivo do projeto

Antes de mais nada, a razão de ser do projeto, seu objetivo, deve ser bem definido. No contexto do projeto *Colis / Calage*, esse objetivo consistia em definir as sugestões referentes às caixas, ao *calage* e aos processos ligados à preparação de encomendas que assegurassem uma boa preservação dos produtos nos circuitos de distribuição da *VAD* e que evitassem uma necessidade de reforçar excessivamente as embalagens dos produtos, pois isso pode torná-los menos atraentes esteticamente.

Em termos quantitativos, o objetivo era obter (e manter) uma taxa de reclamações inferior a 0,5% para todos os produtos. Essa taxa era calculada mês a mês pelo departamento de Qualidade. Entretanto, é importante destacar que essa taxa-objetivo era comum a diversos projetos, alguns deles paralelos e simultâneos ao projeto *Colis / Calage*, não havendo, portanto, um objetivo quantitativo específico para cada projeto.

2.3.2 O perímetro do projeto

Uma das primeiras etapas do projeto foi a definição do seu perímetro. Esta etapa é muito importante, pois ajuda na determinação da equipe de projeto, assim como na listagem das responsabilidades de cada pessoa dessa equipe.

Uma prática bastante comum no começo dos projetos é a definição de um perímetro de tamanho reduzido, chamado perímetro piloto. O objetivo desta prática é reduzir o tamanho do projeto a fim de torná-lo mais simples, mais rápido e mais econômico em um primeiro

momento. Após sua realização dentro do perímetro piloto, a passagem ao perímetro global se faz mais facilmente, uma vez que a maioria das dificuldades já terá sido encontrada e contornada. Desta maneira, são reduzidos os recursos necessários no começo do projeto assim como os impactos negativos de eventuais erros.

O perímetro piloto definido para este projeto, dentro da rede de distribuição da *VAD*, corresponde aos produtos da marca Yves Rocher expedidos a partir do *CPC* de *La Croix des Archers*, na França.

Para essa escolha, os critérios de decisão foram o volume de encomendas expedidas pelo *CPC* correspondente, assim como a forte presença da marca no país, o que era esperado, visto que se trata de uma empresa francesa.

Quanto à expansão do projeto para um perímetro mais global, esta teria sua realização decidida após a análise dos resultados do projeto em seu perímetro piloto.

3 Revisão bibliográfica

Este capítulo destina-se à apresentação dos fundamentos teóricos nos quais este autor se baseou para chegar à solução que se mostrou mais adequada ao problema exposto previamente.

Serão apresentados os conceitos encontrados na literatura para a resolução de um problema de melhoria de processo e serão escolhidas as ferramentas mais adequadas ao escopo do projeto.

Basicamente, as soluções encontradas na literatura apresentaram três abordagens distintas:

- A reengenharia: segundo Hammer e Champy (1993, p. 22), é “o repensar fundamental e a reestruturação radical dos processos empresariais que visam alcançar drásticas melhorias em indicadores críticos e contemporâneos de desempenho, tais como custos, qualidade, atendimento e velocidade”.
- A metodologia Seis Sigma: é uma metodologia rigorosa de melhoria contínua que se utiliza de ferramentas e métodos estatísticos com o objetivo de, ao mesmo tempo, aumentar a lucratividade da empresa e identificar e satisfazer as necessidades do cliente. (ROTONDARO et al., 2002)
- O ciclo de oportunidades: segundo Harrington (1996), os problemas quotidianos deveriam ser encarados como oportunidades para tornar a empresa mais bem sucedida. Tendo isso em mente, ele propõe um processo sistemático de resolução de problemas ao qual dá o nome de “ciclo das oportunidades”. Este ciclo apresenta vinte e cinco atividades agrupadas em seis fases distintas, que estão listadas no Anexo A.

Esses temas englobam diversos aspectos da melhoria de processos que estão além do escopo do projeto *Colis / Calage*, como a redefinição das equipes responsáveis pela realização do processo e a implementação da mentalidade de melhoria contínua, por exemplo. Apesar de serem assuntos bastante importantes para qualquer empresa, a abordagem deste trabalho será limitada aos aspectos relacionados às mudanças possíveis dentro do escopo do projeto *Colis / Calage*, pois este é o tema central deste trabalho. Neste contexto, todas as três metodologias

apresentaram abordagens semelhantes, dividindo a resolução do problema em três etapas principais, que serão apresentadas a seguir.

3.1 Compreender e descrever o processo atual

A etapa inicial consiste em realizar uma descrição detalhada do processo, com o objetivo de compreendê-lo perfeitamente.

Um processo é um conjunto de atividades com um ou mais tipos de entrada que gera uma saída que tenha valor para o cliente. O pensamento baseado nos processos, e não nas suas tarefas mais simples como sugeriu Adam Smith, é um requisito básico quando se trabalha com melhorias de processos. Logo, a compreensão do processo existente corresponde a uma etapa bastante importante no início do projeto. Davenport (1993) cita quatro razões para a importância desta etapa:

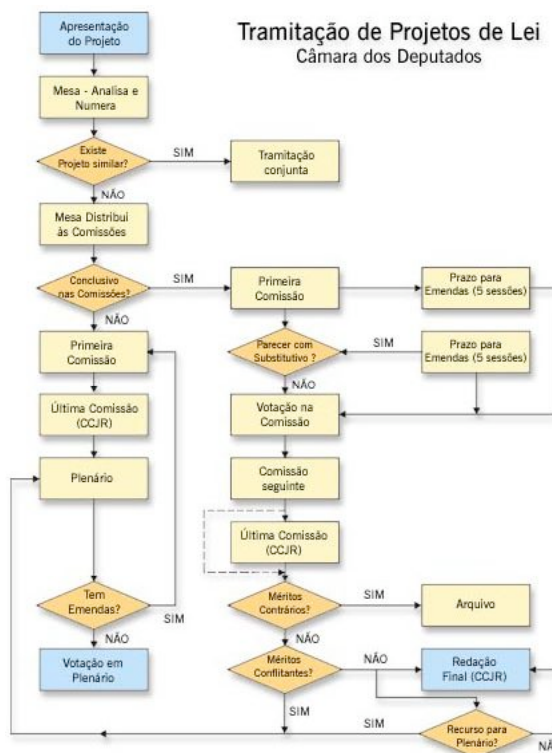
- O entendimento dos processos existentes facilita a comunicação entre os participantes;
- Na maioria das organizações complexas, não há como passar para um novo processo sem compreender o processo existente;
- O reconhecimento dos problemas de um processo existente pode ajudar a evitar a sua repetição no novo processo;
- O entendimento dos processos existentes proporciona uma medida do valor da solução proposta.

Uma ferramenta bastante útil nesta etapa é apresentada a seguir:

Mapeamento dos processos

O mapeamento do processo deve ser realizado de acordo com a visão que o cliente tem da empresa, ou seja, “um conjunto de processos interligados que tem como finalidade a produção

do bem ou serviço de que ele necessita” (ROTONDARO et al., 2002, p. 73). Normalmente, esse mapeamento se faz por meio de um fluxograma. A Figura 20 mostra um exemplo genérico de fluxograma:



Fonte: www.villasboas.com.br

Figura 13 – Exemplo de fluxograma

A partir dos resultados desta etapa, pode-se passar à análise do processo propriamente dita.

3.2 Identificar e analisar as causas

O objetivo desta etapa é, através dos dados coletados na etapa anterior, determinar quais são as causas que fazem com que o processo estudado não apresente os resultados esperados. A análise dessas causas será muito importante na próxima etapa, quando serão feitas as propostas de melhoria para o processo.

Uma ferramenta bastante utilizada nesta fase é o diagrama de causa e efeito.

Diagrama de causa e efeito

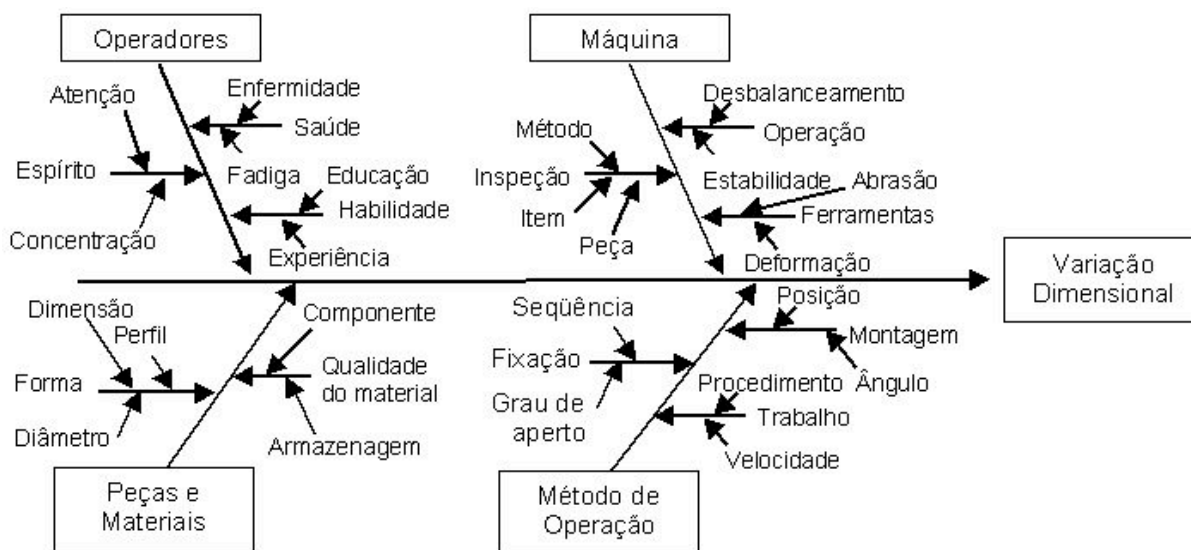
“Diagramas de causa e efeito são imagens gráficas que mostram a relação entre o efeito (o problema) e suas causas em potencial” (HARRINGTON, 1996, p. 258). Habitualmente, esses diagramas apresentam a forma de uma espinha de peixe, nome pelo qual também são conhecidos.

Segundo Rotondaro et al. (2002), o diagrama de causa e efeito deve ser elaborado em colaboração com pessoas que têm um grande envolvimento e, conseqüentemente, um grande conhecimento do processo em questão, a fim de “expandir o leque de informações sobre o problema” (ROTONDARO et al., 2002, p. 140).

A aplicação desta ferramenta é bastante simples. Inicialmente, coloca-se o efeito a ser estudado dentro de um quadro do lado direito do diagrama, para onde aponta uma grande seta vinda do lado esquerdo. Diretamente ligados à seta principal encontram-se os ramos maiores, que correspondem aos fatores principais. Estes fatores dependem do critério de definição adotado. Rotondaro et al. (2002) sugerem três critérios:

- Os chamados “6 Ms”: mão-de-obra, materiais, máquinas, métodos, meio ambiente e medição, podendo-se utilizar apenas alguns deles de acordo com o caso estudado;
- As etapas do processo de operação: o fluxograma do processo fornece as atividades que corresponderão aos ramos principais do diagrama;
- Os setores responsáveis pelas tarefas: indicado quando as atividades são realizadas em setores sem muita interação entre si.

A seguir, deve-se listar as possíveis causas relacionadas a cada um dos ramos principais, registrando-as como ramos menores, e repetir o processo a cada um dos ramos menores, de forma a indicar um maior nível de detalhe. A Figura 21 mostra um exemplo desse tipo de diagrama:



Fonte: www.datalyzer.com.br

Figura 14 – Exemplo de diagrama de causa e efeito

3.3 Elaborar propostas de melhoria e implementá-las

Esta etapa é uma fase crítica do projeto. Ela reflete o trabalho realizado nas etapas precedentes de forma bastante concreta, através das melhorias no processo, em caso de sucesso. Estão compreendidas nesta etapa as atividades de levantamento e análise de dados, elaboração de propostas de melhoria e sua implementação.

Nesta etapa, existe uma ferramenta extremamente útil para o contexto no qual se insere o projeto *Colis / Calage*, já que o objetivo é determinar quais são os aspectos referentes às caixas e ao isolamento mecânico que interferem na preservação dos produtos expedidos, e, na medida do possível, determinar também o tipo dessa interferência. Esta ferramenta chama-se delineamento de experimentos.

Delineamento de experimentos

Experimentos são realizados em todos os campos de estudo, seja para descobrir algo sobre um processo em particular, seja para comparar os efeitos de diversos fatores sobre um dado fenômeno. No contexto industrial, os experimentos são quase sempre relacionados a uma intervenção ou modificação em um processo rotineiro, que são realizados com a finalidade de medir o efeito dessa intervenção. (MONTGOMERY, 1984)

A ferramenta de delineamento de experimentos consiste em avaliar, através de métodos ou técnicas estatísticas, o impacto das entradas de um processo (e das interações entre elas) sobre as suas saídas, através de testes conduzidos de forma planejada, com o objetivo de obter um maior controle sobre o processo e de reduzir a variabilidade de suas respostas. (FARIA, 1992; GALDÁMEZ, 2002; ROTONDARO et al., 2002)

Antes da apresentação da metodologia do delineamento de experimentos, faz-se necessária a definição de alguns conceitos fundamentais para a aplicação das técnicas de planejamento e análise de experimentos industriais. (GALDÁMEZ, 2002; MONTGOMERY, 1984)

- **Variáveis de resposta:** são as variáveis a serem medidas durante a realização dos testes e cujo valor depende das entradas do processo.
- **Fatores de controle:** são as entradas do processo, que podem ter seus valores alterados de acordo com o experimento em questão a fim de se analisar o efeito produzido nas variáveis de resposta.
- **Níveis dos fatores:** são os valores que podem ser assumidos pelos fatores de controle. No caso em que se utilizam dois níveis por fator, estes níveis são identificados por nível baixo (-1) e nível alto (+1).
- **Efeito principal:** “é a diferença média observada na resposta quando se muda o nível do fator de controle investigado”. (GALDÁMEZ, 2002, p. 12)
- **Efeito de interação:** ocorre quando o impacto da interação entre dois ou mais fatores sobre o resultado é multiplicativo, e não aditivo. (ROTONDARO et al., 2002)

- **Matriz de experimentos:** apresenta os fatores de controle, os níveis e os tratamentos do experimento e é utilizada para conduzir o estudo.
- **Aleatorização:** consiste a realizar os tratamentos em uma ordem aleatória a fim de balancear os efeitos dos fatores de ruído sobre as variáveis de resposta.
- **Repetição:** trata-se da repetição de cada uma das combinações da matriz experimental com o objetivo de estimar o erro experimental e assim determinar se as diferenças observadas entre os dados são estatisticamente significativas.

Após a realização das duas etapas apresentadas anteriormente, Montgomery (1984) e Rotondaro et al. (2002) enumeram seis etapas básicas para se executar corretamente um delineamento de experimentos:

- **Escolha dos fatores de controle e dos níveis dos fatores:** nesta fase, devem ser selecionados os fatores de controle de forma a priorizar os fatores mais críticos que afetam as respostas do experimento. Em seguida, determinam-se as faixas de variação dos níveis de ajustagem desses fatores e seus métodos de medição.
- **Seleção das variáveis de resposta:** aqui são definidas as variáveis de resposta que serão consideradas na análise dos experimentos e a escala numérica que será utilizada para se avaliar as respostas do experimento.
- **Escolha do tipo de experimento:** esta etapa consiste na definição da matriz de experimentos a partir do número de fatores de controle e do número de níveis desses fatores. Algumas técnicas que podem ser utilizadas nesta etapa serão detalhadas posteriormente.
- **Execução do experimento:** é a fase de realização dos experimentos propriamente dita, onde deve-se tomar o cuidado de respeitar a matriz de experimentos e as regras estabelecidas durante a etapa de definição do problema.
- **Análise dos dados:** nesta etapa, analisam-se os resultados dos experimentos através de ferramentas estatísticas. O objetivo é descrever o comportamento das variáveis de controle e da relação entre elas e estimar os efeitos produzidos nas respostas observadas.
- **Conclusões e recomendações:** a partir dos resultados da etapa anterior, devem-se extrair conclusões práticas que servirão na formulação de recomendações de ações de melhoria para o processo estudado.

A seguir, serão apresentadas algumas das técnicas utilizadas para o planejamento e a análise de experimentos.

A metodologia de Taguchi

A filosofia de Taguchi é baseada nas seguintes idéias principais (GARCIA, 2001; TAGUCHI, 1987):

- Ir além da conformidade às especificações, minimizando a variação das características do produto em torno de um valor alvo;
- Projetar produtos e/ou processos que sofram o mínimo de influência dos distúrbios ambientais, através do delineamento de experimentos;
- Ainda através do delineamento de experimentos, projetar produtos que apresentem a menor variação possível entre seus componentes tendo o menor custo possível.

Em relação aos métodos empregados no delineamento de experimentos, Taguchi utiliza os seguintes conceitos (GARCIA, 2001; TAGUCHI, 1987):

- Arranjos ortogonais: “são delineamentos fatoriais fracionados onde diferentes níveis dos fatores aparecem o mesmo número de vezes e são testados o mesmo número de vezes em cada um dos níveis dos outros fatores” (GARCIA, 2001, p. 11)
- Arranjos cruzados: consistem a experimentar todos os níveis do arranjo interno contra todos os níveis do arranjo externo. O arranjo interno é um arranjo ortogonal que contém os fatores de controle e o arranjo externo é outro arranjo ortogonal, mas que contém os fatores de ruído, ou variáveis ambientais.

Embora seja uma metodologia largamente empregada e citada, decidiu-se por não utilizá-la neste trabalho, pois alguns de seus aspectos não condizem com o problema em questão (GARCIA, 2001):

- Restrições à aleatorização: os experimentos não são tratados adequadamente pela metodologia de Taguchi no que diz respeito à aleatorização, que pode ser um fator importante no projeto *Colis / Calage*;
- Interações: o fato do método Taguchi não tratar corretamente os efeitos de interação foi crucial na decisão de não utilizá-lo, pois o principal objetivo do projeto é determinar a influência dos fatores sobre o processo de expedição das encomendas e a existência de eventuais interações entre esses fatores.

Planejamento fatorial

A técnica do planejamento fatorial consiste a realizar todas as combinações possíveis de níveis dos fatores de controle para cada repetição do experimento. Por exemplo, se existem a níveis para o fator A e b níveis para o fator B , cada repetição do experimento deve conter ab combinações de tratamentos. (MONTGOMERY, 1984)

As vantagens desta técnica seriam, de acordo com Montgomery (1984):

- O planejamento fatorial é mais eficiente do que os experimentos onde se varia apenas um fator de cada vez;
- Ele é necessário quando interações entre os fatores podem estar presentes, para se evitar conclusões equivocadas;
- Ele permite a estimação dos efeitos de um dado fator para diversos níveis de outros fatores, permitindo tirar conclusões válidas para uma variedade de condições experimentais.

Retomando o exemplo acima, que corresponde ao caso geral do experimento fatorial de dois fatores e considerando-se n variáveis de resposta y , a seguinte matriz de experimentos seria obtida:

Tabela 2 – Matriz geral de experimentos para o modelo fatorial de dois fatores

		Fator <i>B</i>			
		1	2	...	<i>b</i>
Fator <i>A</i>	1	$y_{111}, y_{112}, \dots, y_{11n}$	$y_{121}, y_{122}, \dots, y_{12n}$...	$y_{1b1}, y_{1b2}, \dots, y_{1bn}$
	2	$y_{211}, y_{212}, \dots, y_{21n}$	$y_{221}, y_{222}, \dots, y_{22n}$...	$y_{2b1}, y_{2b2}, \dots, y_{2bn}$

	<i>a</i>	$y_{a11}, y_{a12}, \dots, y_{a1n}$	$y_{a21}, y_{a22}, \dots, y_{a2n}$...	$y_{ab1}, y_{ab2}, \dots, y_{abn}$

Que também pode apresentar a seguinte forma:

Tabela 3 – Outra forma de apresentar os dados para o modelo fatorial de dois fatores

<i>A1</i>				<i>A2</i>				...	<i>Aa</i>			
<i>B1</i>	<i>B2</i>	...	<i>Bb</i>	<i>B1</i>	<i>B2</i>	...	<i>Bb</i>	...	<i>B1</i>	<i>B2</i>	...	<i>Bb</i>
y_{111}	y_{121}	...	y_{1b1}	y_{211}	y_{221}	...	y_{2b1}	...	y_{a11}	y_{a21}	...	y_{ab1}
y_{112}	y_{122}	...	y_{1b2}	y_{212}	y_{222}	...	y_{2b2}	...	y_{a12}	y_{a22}	...	y_{ab2}
...
y_{11n}	y_{12n}	...	y_{1bn}	y_{21n}	y_{22n}	...	y_{2bn}	...	y_{a1n}	y_{a2n}	...	y_{abn}

Onde y_{ijn} corresponde à n -ésima variável de resposta do experimento com o fator A no nível i ($1 \leq i \leq a$) e o fator B no nível j ($1 \leq j \leq b$).

Antes de dar seqüência à análise, Rotondaro et al. (2002) sugerem a verificação da presença de aleatoriedade nos dados obtidos e da ausência de padrões estranhos através da análise de resíduos. “Resíduos de um experimento são definidos como sendo a diferença entre os valores obtidos e as médias de cada combinação de níveis de fatores.” (ROTONDARO et al., 2002, p. 257)

A análise de resíduos pode ser feita através de um gráfico como o da Figura 22, onde os resíduos são apresentados na ordem em que foram observados.

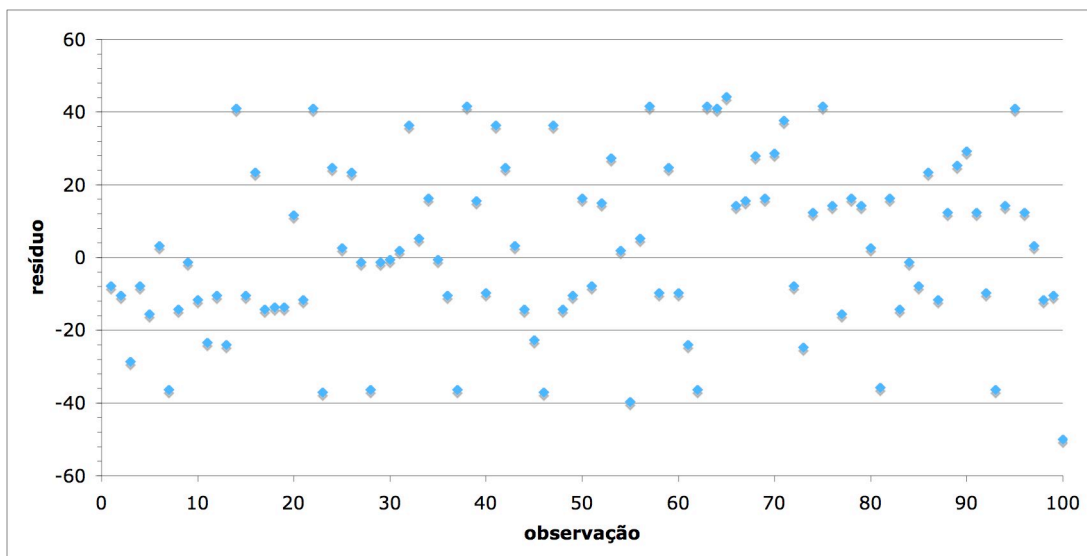


Figura 15 – Exemplo de resíduos em gráfico linear

Neste exemplo, pode-se observar que não há padrões não aleatórios significativos e que os dados apresentam aleatoriedade.

Montgomery (1984) ainda define o modelo estatístico do planejamento fatorial, dado pela eq.(1) abaixo:

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (1)$$

Onde:

$$i = 1, 2, \dots, a$$

$$j = 1, 2, \dots, b$$

$$k = 1, 2, \dots, n$$

μ é a média dos resultados

τ_i é o efeito do i -ésimo nível do fator A

β_j é o efeito do j -ésimo nível do fator B

$(\tau\beta)_{ij}$ é o efeito da interação entre τ_i e β_j

ε_{ijk} é o erro experimental

O interesse da análise, segundo Montgomery (1984), é testar hipóteses sobre a igualdade de efeitos dos níveis do fator A :

$$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_a = 0$$

$$H_1: \text{pelo menos um } \tau_i \neq 0$$

E sobre a igualdade de efeito dos níveis do fator B :

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_b = 0$$

$$H_1: \text{pelo menos um } \beta_j \neq 0$$

Além disso, também se deseja testar a existência de interação entre os fatores A e B :

$$H_0: (\tau\beta)_{ij} = 0 \quad \text{para todo } i, j$$

$$H_1: \text{pelo menos um } (\tau\beta)_{ij} \neq 0$$

Os testes das hipóteses acima podem ser feitos através do método da Análise de Variância (GALDÁMEZ, 2002; MONTGOMERY, 1984). Antes de iniciarmos a descrição deste método, Montgomery (1984) define as seguintes somas:

$$y_{i..} = \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n y_{ijk} \quad i = 1, 2, \dots, a \quad (2)$$

$$y_{.j.} = \sum_{i=1}^a \sum_{k=1}^n y_{ijk} \quad j = 1, 2, \dots, b \quad (3)$$

$$y_{ij.} = \sum_{k=1}^n y_{ijk} \quad i = 1, 2, \dots, a \text{ e } j = 1, 2, \dots, b \quad (4)$$

$$y_{...} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n y_{ijk} \quad (5)$$

A partir dessas fórmulas, pode ser calculada a soma de quadrados total (SS_T), que é a soma das somas de quadrados devida ao fator A (SS_A), devida ao fator B (SS_B), devida à interação entre A e B (SS_{AB}) e devida ao erro (SS_E).

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n y_{ijk}^2 - \frac{y_{...}^2}{abn} \quad (6)$$

$$SS_A = \sum_{i=1}^a \frac{y_{i..}^2}{bn} - \frac{y_{...}^2}{abn} \quad (7)$$

$$SS_B = \sum_{j=1}^b \frac{y_{.j.}^2}{an} - \frac{y_{...}^2}{abn} \quad (8)$$

A obtenção de SS_{AB} é mais conveniente em duas etapas (MONTGOMERY, 1984). Primeiro, calcula-se a soma dos quadrados entre os totais das ab células da Tabela 2 (ou das ab colunas da Tabela 3), chamada de soma dos quadrados devida aos “subtotais”.

$$SS_{Subtotais} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{y_{ij.}^2}{n} - \frac{y_{...}^2}{abn} \quad (9)$$

A próxima etapa consiste a subtrair SS_A e SS_B , já contidos em $SS_{Subtotais}$.

$$SS_{AB} = SS_{Subtotais} - SS_A - SS_B \quad (10)$$

Finalmente, o cálculo de SS_E é realizado por subtração:

$$SS_E = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AB} = SS_T - SS_{Subtotais} \quad (11)$$

Esses resultados nos permitem construir a tabela de análise de variância abaixo:

Tabela 4 – Tabela geral de análise de variância para o experimento fatorial de dois fatores

Fonte de Variação	Soma de Quadrados (SQ)	Graus de Liberdade (GL)	Quadrado Médio (QM)	F_0	F_α
Fator A	SS_A	$a - 1$	$MS_A = \frac{SS_A}{a - 1}$	$F_0 = \frac{MS_A}{MS_E}$	$F_{a-1,ab(n-1),\alpha}$
Fator B	SS_B	$b - 1$	$MS_B = \frac{SS_B}{b - 1}$	$F_0 = \frac{MS_B}{MS_E}$	$F_{b-1,ab(n-1),\alpha}$
Interação	SS_{AB}	$(a - 1)(b - 1)$	$MS_{AB} = \frac{SS_{AB}}{(a - 1)(b - 1)}$	$F_0 = \frac{MS_{AB}}{MS_E}$	$F_{(a-1)(b-1),ab(n-1),\alpha}$
Erro	SS_E	$ab(n - 1)$	$MS_E = \frac{SS_E}{ab(n - 1)}$		
Total	SS_T	$abn - 1$			

Fonte: adaptada de Montgomery (1984)

Os valores da última coluna são extraídos das tabelas F de Snedecor apresentadas no Anexo B, onde α corresponde ao nível de significância da análise.

As conclusões são feitas através da comparação entre as duas últimas colunas da Tabela 4 acima. Se F_0 for maior que o F_α correspondente, pode-se concluir, com uma porcentagem α de significância, que a fonte de variação correspondente apresenta um efeito significativo sobre a resposta do processo (COSTA NETO, 2002). Por exemplo, se $\frac{MS_A}{MS_E}$ for maior do que $F_{a-1,ab(n-1),0,05}$, pode-se afirmar, com 5% de significância, que o fator A tem influência sobre a resposta do processo.

Ajustando curvas de resposta

Na existência de fatores quantitativos, pode-se desejar determinar uma curva que relacione a variável de resposta com um desses fatores. A equação dessa curva pode ser usada para prever qual será a resposta do processo para valores do fator em questão intermediários aos que foram utilizados no experimento.

Para determinar esta equação, Montgomery (1984) utiliza o método dos polinômios ortogonais. No entanto, métodos gerais de regressão também podem ser utilizados. Neste trabalho, será utilizado o método dos polinômios ortogonais. Este método é bem mais simples que o método de mínimos quadrados tradicional e ainda permite a fácil adição e supressão de termos ao polinômio do modelo, sem afetar os coeficientes já calculados (MONTGOMERY, 1984). A condição para a utilização deste método é que os níveis do fator analisado estejam igualmente espaçados.

O método dos polinômios ortogonais utiliza os coeficientes dos contrastes ortogonais apresentados na Tabela 20 do Anexo B. Através deste método, pode-se extrair polinômios de ordem igual a, no máximo, $b - 1$, para um fator em que b níveis foram testados no experimento.

Retomando o mesmo exemplo de dois fatores que foi utilizado até agora e assumindo que o fator B é o fator quantitativo, tem-se a seguinte tabela com os cálculos necessários à aplicação do método dos polinômios ortogonais: (Será assumido, por questões de praticidade, que os experimentos foram executados com três níveis para os fatores. A análise para um número maior de níveis pode ser feita extrapolando-se as fórmulas e tabelas apresentadas a seguir. Maiores detalhes sobre essas análises podem ser encontrados em Montgomery (1984).)

Tabela 5 – Cálculo das somas de quadrados para os modelos linear e quadrático

Nível do fator B	Totais para o tratamento	Coeficientes dos Contrastes Ortogonais (c_j)	
		Linear	Quadrático
1	$y_{.1}$	-1	+1
2	$y_{.2}$	0	-2
3	$y_{.3}$	+1	+1
Efeitos:		$T_L = \sum_{j=1}^3 c_j y_{.j}$	$T_Q = \sum_{j=1}^3 c_j y_{.j}$
Soma de quadrados:		$SS_{T_L} = \frac{T_L^2}{an \sum_{j=1}^3 c_j^2}$	$SS_{T_Q} = \frac{T_Q^2}{an \sum_{j=1}^3 c_j^2}$

Fonte: adaptada de Montgomery (1984)

Essas somas de quadrados podem ser incorporadas, com um grau de liberdade, à tabela de análise de variância (Tabela 4) para determinarmos se são estatisticamente significativas através da comparação com o valor de F_α correspondente.

Tabela 6 – Tabela de análise de variância modificada para o estudo dos modelos linear e quadrático

Fonte de Variação	Soma de Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F_0	F_α
Fator A	SS_A	$a - 1$	$MS_A = \frac{SS_A}{a - 1}$	$F_0 = \frac{MS_A}{MS_E}$	$F_{a-1,ab(n-1),\alpha}$
Fator B	SS_B	$b - 1$	$MS_B = \frac{SS_B}{b - 1}$	$F_0 = \frac{MS_B}{MS_E}$	$F_{b-1,ab(n-1),\alpha}$
(Linear)	SS_{T_L}	1	$MS_{T_L} = \frac{SS_{T_L}}{1}$	$F_0 = \frac{MS_{T_L}}{MS_E}$	$F_{1,ab(n-1),\alpha}$
(Quadrático)	SS_{T_Q}	1	$MS_{T_Q} = \frac{SS_{T_Q}}{1}$	$F_0 = \frac{MS_{T_Q}}{MS_E}$	$F_{1,ab(n-1),\alpha}$
Interação	SS_{AB}	$(a - 1)(b - 1)$	$MS_{AB} = \frac{SS_{AB}}{(a - 1)(b - 1)}$	$F_0 = \frac{MS_{AB}}{MS_E}$	$F_{(a-1)(b-1),ab(n-1),\alpha}$
Erro	SS_E	$ab(n - 1)$	$MS_E = \frac{SS_E}{ab(n - 1)}$		
Total	SS_T	$abn - 1$			

Fonte: adaptada de Montgomery (1984)

Caso seja comprovado que pelo menos um dos modelos (Linear ou Quadrático ou Cúbico, etc.) é significativo, a próxima etapa consiste na determinação dos coeficientes do polinômio que representa o modelo. Este polinômio é dado pela equação:

$$\hat{y} = \hat{\alpha}_0 P_0(x) + \hat{\alpha}_1 P_1(x) + \dots \quad (12)$$

Onde $P_u(x)$ é um polinômio ortogonal de u -ésima ordem. Segundo, Montgomery (1984) os quatro primeiros polinômios ortogonais são os seguintes:

$$P_0(x) = 1 \quad (13)$$

$$P_1(x) = \lambda_1 \left[\frac{(x - \bar{x})}{d} \right] \quad (14)$$

$$P_2(x) = \lambda_2 \left[\left(\frac{x - \bar{x}}{d} \right)^2 - \left(\frac{b^2 - 1}{12} \right) \right] \quad (15)$$

$$P_3(x) = \lambda_3 \left[\left(\frac{x - \bar{x}}{d} \right)^3 - \left(\frac{x - \bar{x}}{d} \right) \left(\frac{3b^2 - 7}{20} \right) \right] \quad (16)$$

Onde d é a distância entre os níveis da variável x , b é o número total de níveis e $\{\lambda_i\}$ são constantes extraídas da Tabela 20 do Anexo B.

Ainda segundo Montgomery (1984), os parâmetros do modelo de polinômio ortogonal podem ser estimados através da fórmula abaixo:

$$\hat{\alpha}_i = \frac{\sum y P_i(x)}{\sum [P_i(x)]^2} \quad i = 0, 1, 2, \dots, b - 1 \quad (17)$$

Desta maneira, fica determinado o polinômio ortogonal que representa a relação entre o fator em questão e a variável de resposta. No caso em que se observou interação entre os fatores, recomenda-se determinar uma curva para cada nível do outro fator. (MONTGOMERY, 1984)

4 Aplicação do método

Neste capítulo serão descritas em detalhes as ações realizadas durante a resolução do problema apresentado anteriormente através da utilização do método que se mostrou mais adequado no capítulo anterior.

4.1 Compreender e descrever o processo atual

Esta etapa inicial do projeto *Colis / Calage* foi realizada através de diversas visitas aos *CPCs* e aos centros de triagem, conversas telefônicas, trocas de e-mail e entrevistas com diferentes pessoas de várias áreas.

Seu resultado foi apresentado de maneira vasta na seção 2.2 “A atividade logística da *VAD*”. Entretanto, conforme Rotondaro et al. (2002), para melhor se estudar e melhorar um processo, tradicionalmente se utiliza uma representação de forma esquemática, através de um fluxograma.

O fluxograma resultante do estudo inicial realizado no projeto *Colis / Calage* é apresentado a seguir:

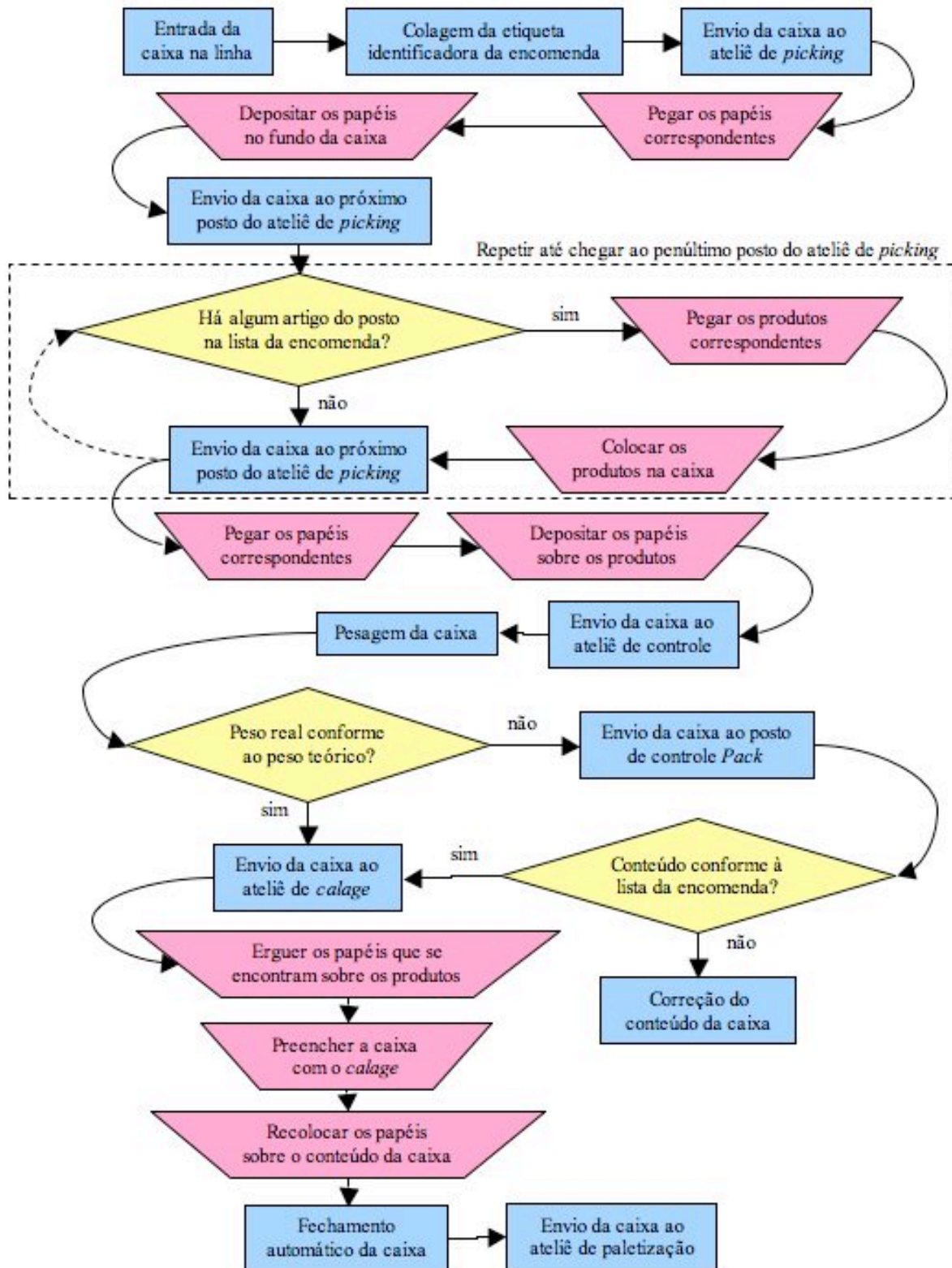


Figura 16 – Fluxograma representando o processo de preparação das encomendas

Deve-se notar que a paletização, o carregamento dos caminhões e a chamada “parte externa ao Grupo Yves Rocher” não foram objeto de análise na etapa de elaboração do

fluxograma, pois, por não fazerem parte do escopo do projeto *Colis / Calage*, não se buscariam melhorias para os seus processos.

4.2 Identificar e analisar as causas

A identificação de possíveis causas para a degradação (ou não conservação) dos produtos expedidos através do circuito de distribuição da *VAD* foi realizada em equipe, conforme recomendam Rotondaro et al. (2002). Utilizou-se o fluxograma obtido na etapa anterior a fim de facilitar a visualização das diferentes etapas do processo na sua seqüência cronológica.

A equipe responsável por essa etapa foi coordenada por este autor e formada tanto por pessoas mais relacionadas à parte gerencial do *CPC* (responsável pela gestão das encomendas *VAD*, responsável pelo setor de preparação de encomendas e responsável pela paletização, carregamento dos caminhões e expedição) como por pessoas diretamente relacionadas às atividades de preparação e expedição de encomendas (operadora do posto de *picking*, operadora do posto de preenchimento das caixas com o isolamento mecânico, operador do posto de paletização e operador do ateliê de expedição).

Dada a variedade de “funções” presentes na equipe, uma análise bastante rica do processo pôde ser obtida. No que diz respeito à identificação das causas potenciais para o problema em questão, utilizou-se um diagrama de causa e efeito, cuja versão final se encontra a seguir. Deve-se notar que as sugestões tradicionais para o formato desse diagrama deram lugar a uma forma mais adaptada ao projeto *Colis / Calage*, com as causas agrupadas segundo os três eixos principais do projeto.

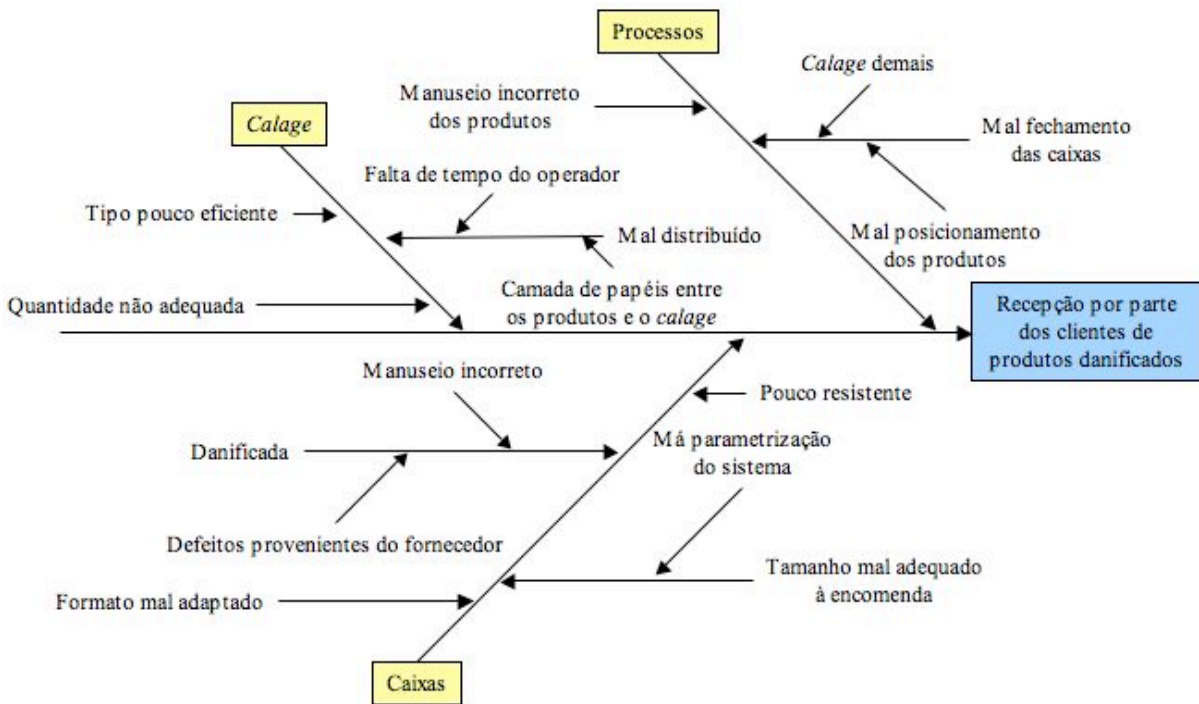


Figura 17 – Diagrama de causa e efeito para o processo de preparação de encomendas

Com relação às causas identificadas, devem ser feitos os seguintes comentários:

- **Caixa**

- **Pouco resistente e Formato não adequado:** tudo o que se refere às especificações técnicas das caixas não faz parte do escopo do projeto. Negociações com o fornecedor haviam acabado de ser feitas, com a decisão da introdução de um novo tipo de abertura pelo fundo da caixa, e o departamento de Compras não se mostrou disponível para eventuais novas negociações em tão curto espaço de tempo.
- **Danificada:** muito dificilmente eram encontradas caixas danificadas na linha de preparação de encomendas. Quando isso acontecia, a identificação ocorria no momento da paletização pelo operador responsável. Se o dano fosse pequeno, ele mesmo o consertava com fita adesiva. Caso contrário, a encomenda deveria ser refeita.
- **Tamanho mal adequado à encomenda:** a escolha do tamanho de caixa mais adaptado à encomenda era feito através de um sistema automático. De fato, não se sabia ao certo se esse sistema estava bem parametrizado, pois

as margens de segurança que ele utilizava eram puramente empíricas. Assim, esse ponto foi identificado como sendo uma causa a se analisar.

- **Calage**
 - **Tipo pouco eficiente:** assim como no caso das caixas, o *calage* havia acabado de ser negociado com o fornecedor. Havia sido introduzido um novo tipo de *calage*, biodegradável, que condizia com as políticas da empresa de consciência ambiental. Nem o departamento de Compras e nem o departamento de Desenvolvimento Sustentável se mostraram abertos quanto a essa questão.
 - **Quantidade não adequada e Mal distribuído:** conforme foi visto, não existia uma quantidade fixa definida a ser colocada nas caixas pelo operador responsável. Além disso, ele mal tinha tempo de se preocupar com isso, tamanho era o número de caixas que ele tinha que preencher, com tantas outras tarefas a fazer. Identificou-se aqui mais um ponto a ser aprofundado na análise.
- **Processos**
 - **Mal fechamento das caixas:** quando isso ocorria, a identificação era feita pelo operador responsável pelo posto de paletização. Se o dano fosse pequeno, ele mesmo o consertava com fita adesiva. Caso contrário, a encomenda deveria ser refeita.
 - **Manuseio incorreto dos produtos:** quase nunca eram encontrados produtos danificados na linha de preparação de encomendas, pois eles passavam por um rigoroso controle de qualidade após a produção. Entretanto, caso isso ocorresse, eram os operadores do ateliê de *picking* os responsáveis por identificar esses produtos e por substituí-los por produtos não danificados. No caso de vazamentos, a identificação e substituição poderiam ocorrer também no ateliê de controle ponderal.

Foram consideradas pertinentes para análise três causas: a mal adequação do tamanho das caixas, a má distribuição do *calage* e a má quantidade de *calage*. Duas delas foram consideradas como candidatas a serem testadas, pois não se sabia com certeza qual o seu impacto no resultado final. Além disso, desejava-se saber se elas apresentavam influência uma sobre a outra. Essas duas causas estavam relacionadas ao tamanho das caixas e à quantidade de *calage* colocada dentro delas.

A má distribuição do *calage* dentro das caixas corresponde ao não preenchimento adequada dos espaços vazios entre os produtos. Essa questão foi resolvida através da análise do fluxograma da etapa anterior e será apresentada ao final da etapa seguinte.

4.3 Elaborar propostas de melhoria e implementá-las

A partir dos resultados da análise realizada na etapa anterior, puderam ser identificados dois fatores que poderiam influenciar a conservação dos produtos expedidos: o tamanho da caixa e a quantidade de *calage* utilizada.

A determinação do grau de influência de cada um desses fatores e do grau de interação existente entre eles foi realizada através da ferramenta do delineamento de experimentos. Através dessa análise, buscou-se chegar a valores ótimos para os dois fatores de controle que permitissem a elaboração de algumas propostas de melhoria para os processos estudados.

Para a realização dos testes do delineamento de experimentos, decidiu-se pela não utilização das condições reais da *VAD*. Um dos motivos foi o tempo demasiado que esse tipo de estudo levaria se todos os pacotes fossem expedidos através de um circuito de distribuição real. Além disso, dado que as taxas de produtos defeituosos relacionadas ao projeto *Colis / Calage* eram relativamente baixas, os testes do delineamento de experimentos não podiam ser realizados em condições reais, pois haveria muita dificuldade em encontrar um produto defeituoso. Por exemplo, para uma taxa dez vezes superior à taxa-objetivo adotada pelo departamento de Qualidade de 0,5‰, teriam que ser enviados em média 2.000 produtos para que se observasse apenas um defeituoso, o que era completamente inviável.

Assim, optou-se pela utilização dos mesmos testes utilizados pelo departamento de Qualidade para homologar os novos produtos. Esses testes simulam, com uma intensidade maior, as condições às quais são submetidos os pacotes nos circuitos de distribuição. Dessa forma, as taxas de produtos defeituosos aumentam e é possível a realização de experimentos interessantes com um número bem mais reduzido de produtos.

Os testes foram realizados junto ao departamento de Qualidade, próximo ao *CPC de La Croix des Archers*. Seu planejamento e a análise dos seus resultados foram realizados por este autor, enquanto que a sua execução foi feita em cooperação com uma equipe do departamento de Qualidade. Esses testes consistiam em preparar pacotes e fazê-los sofrer choques que simulassem, em maior intensidade, os sofridos pelos pacotes que passavam pelos circuitos reais de distribuição da *VAD* e dividiam-se em duas etapas:

- **A passagem pelo tambor.** A primeira parte consistia a colocar os pacotes em um tambor hexagonal e fazê-lo rodar durante quatro minutos. Os choques sofridos pelos pacotes no interior do tambor corresponderiam aos choques reais de pequena intensidade.



Figura 18 – Tambor hexagonal utilizado nos testes

- **As quedas.** Na segunda parte, soltavam-se os pacotes saídos do tambor de alturas pré-determinadas (1,0, 1,2 e 1,5 metros). Para cada altura correspondiam duas quedas: uma sobre uma das faces e outra sobre uma das arestas. Essas quedas corresponderiam aos choques reais de média e grande intensidades.

Ainda com o intuito de aumentar a taxa observada de produtos defeituosos durante a realização dos testes, decidiu-se utilizar produtos que apresentavam altas taxas de reclamações. Dentre esses produtos, foram escolhidos, em conjunto com o departamento de Qualidade, cinco produtos. As figuras a seguir ilustram esses produtos:



Figura 19 – Sabonete líquido *Pur Désir Pivoine* frasco 200 mL



Figura 20 – Água de colônia *Cléa* frasco 100 mL



Figura 21 – *Lifting Corps* enriquecido frasco 150 mL



Figura 22 – Sombra *Bleu Attica*



Figura 23 – Mini-perfume *Rose Absolue* frasco 5 mL

Está implícito nessa escolha o mesmo conceito embutido quando se utiliza o diagrama de Pareto: deve-se “concentrar os esforços de melhoria nos pontos onde os maiores ganhos podem ser obtidos – nos itens que representam as melhores oportunidades de melhoria” (ROTONDARO et al., 2002, p. 135)

Definidos os artigos que seriam testados, passou-se à determinação da composição dos pacotes que passariam pelo teste de simulação. Se fosse utilizada apenas uma unidade de cada artigo, seriam obtidos volumes de espaço vazio dentro das caixas muito maiores do que as médias reais registradas. Além disso, um número muito baixo de artigos por caixa exigiria um maior número de testes e, conseqüentemente, um maior número de caixas, de passagens pelo tambor, etc.. Dessa forma, decidiu-se utilizar três unidades de cada artigo, totalizando quinze artigos por caixa.

A realização do delineamento de experimentos baseou-se nos resultados das duas fases anteriores (“Compreender e descrever o processo atual” e “Identificar e analisar as causas”) e seguiu as etapas básicas enumeradas por Montgomery (1984) e Rotondaro et al. (2002).

4.3.1 Escolha dos fatores de controle e dos níveis dos fatores

Os dois fatores (tamanho da caixa e quantidade de *calage* colocada) identificados nas etapas anteriores foram considerados importantes na análise do projeto *Colis / Calage* e, conseqüentemente, foram tomados como os fatores de controle do delineamento de experimentos realizado.

Com relação ao tamanho da caixa, dos cinco tipos de caixa disponíveis, optou-se pela utilização de três. Cada tipo de caixa corresponde a um tamanho diferente e os três tamanhos escolhidos para a realização dos testes correspondem a mais de 80% das encomendas expedidas em 2006, conforme mostra a Figura 31:

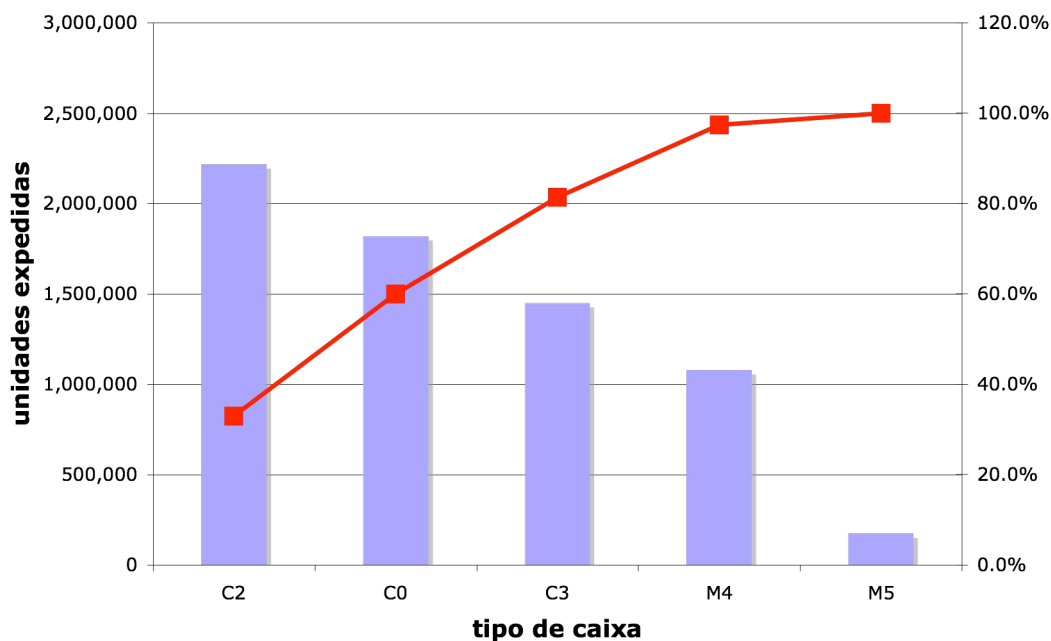


Figura 24 – Volume de encomendas em 2006 por tipo de caixa para o CPC de *La Croix des Archers*

Os tipos de caixa selecionados apresentam as seguintes dimensões:

Tabela 7 – Dimensões dos diferentes tipos de caixa

Tipo	Largura (cm)	Comprimento (cm)	Altura (cm)
C0	20,0	23,0	10,0
C2	23,0	29,0	10,0
C3	23,0	38,4	10,0

Chamou-se este primeiro fator (tipo de caixa) de fator *A*. A identificação dos níveis deste fator segue a ordem crescente de tamanho das caixas, conforme mostra a Tabela 8:

Tabela 8 – Níveis do fator *A* (tipo de caixa)

Nível	Tipo	Volume (L)
1	C0	4,60
2	C2	6,67
3	C3	8,83

O segundo fator (quantidade de isolamento mecânico) foi chamado de fator *B*. Ao contrário do primeiro fator, o fator *B* está relacionado a uma grandeza contínua. Assim, seria interessante a determinação de uma função que relacionasse com a variável de resposta os diversos valores que esse fator pode assumir. Nesse contexto, quanto maior fosse o número de níveis para esse fator, mais próxima da realidade estaria essa função.

No entanto, um aumento no número de níveis provocaria um aumento no número de experimentos, o que não é interessante, dado o elevado custo de realização dos testes. Tendo essa restrição em vista, julgou-se adequada a utilização de três níveis para esse fator.

Definido o número de níveis, a próxima etapa consistiu na determinação dos valores para esses níveis. O mais lógico e imediato seria atribuir um certo volume de isolamento mecânico a cada um dos três níveis, por exemplo, 0 L para o nível 1, 1 L para o nível 2 e 2 L para o nível 3. Entretanto, essa definição apresenta o inconveniente de não se adequar bem a todos os níveis do primeiro fator, o tamanho das caixas. Embora os três níveis do exemplo acima se mostrem adequados ao nível 1 do fator *A*, as caixas correspondentes ao nível 3 ficariam com muito espaço vazio, pois seu volume representa quase o dobro do volume das caixas menores.

Dessa forma, julgou-se mais apropriada a utilização do conceito de taxa de preenchimento. Essa taxa é igual ao volume de isolamento mecânico utilizado dividido pelo volume do espaço livre dentro da caixa. O espaço livre, por sua vez, corresponde ao volume total da caixa menos o volume dos produtos em seu interior. A Tabela 9 apresenta os diferentes níveis do fator *B* e ajuda a esclarecer essa questão:

Tabela 9 – Níveis do fator *B* (quantidade de *calage*)

Nível do fator <i>B</i>	Taxa de preenchimento	Volume (L) de isolamento mecânico por nível do fator <i>A</i>		
		1	2	3
1	0%	0	0	0
2	50%	$(4,60 - x) \cdot 50\%$	$(6,67 - x) \cdot 50\%$	$(8,83 - x) \cdot 50\%$
3	100%	$4,60 - x$	$6,67 - x$	$8,83 - x$

Onde *x* equivale à soma dos volumes (em litros) dos produtos contidos na caixa.

Com relação ao método de medição utilizado, após a realização dos cálculos da Tabela 9 acima, a quantidade certa de isolamento mecânico era medida através de um recipiente graduado antes de ser colocada dentro da caixa.



Figura 25 – Recipiente graduado utilizado na medição da quantidade de isolamento mecânico

4.3.2 Seleção das variáveis de resposta

A seleção das variáveis nas quais o estudo iria se focar foi relativamente simples. Na verdade, apenas uma variável de saída foi considerada relevante, dados os objetivos do projeto *Colis / Calage*. A variável de resposta para o delineamento de experimentos foi definida como o número de artigos defeituosos encontrados após a realização dos testes.

A avaliação dos produtos que passaram pelo teste era feita por pessoas do departamento de Qualidade, que utilizavam os mesmos critérios empregados na homologação de novos produtos. Segundo esses critérios, existem duas categorias de produtos defeituosos:

- A **categoria 1** compreende os produtos que apresentaram apenas defeitos relacionados à sua aparência estética, como caixa amassada ou celofane descolado, por exemplo.



Figura 26 – Exemplos de produtos da categoria 1

- A **categoria 2** contém os produtos cujos defeitos podem ser enquadrados em pelo menos uma das seguintes classes: quebra, vazamento e funcionalidade. Os produtos dessa categoria podem apresentar, além desses defeitos, algum outro defeito relacionado à aparência estética. Em outras palavras, dá-se mais importância aos defeitos da categoria 2.



Figura 27 – Exemplo de produto da categoria 2

No projeto *Colis / Calage*, foram considerados como defeituosos apenas os produtos da categoria 2, pois, de acordo com o departamento de Qualidade, os defeitos da categoria 1 dificilmente geram reclamações por parte dos clientes.

Portanto, a variável de resposta adotada foi o número de artigos identificados pelo departamento de Qualidade como pertencentes à categoria 2.

4.3.3 Escolha do tipo de experimento

A partir do número de fatores e de seus níveis, determinados nas etapas anteriores, pôde-se escolher o método mais adequado à resolução do problema em questão. Considerados todos os aspectos do projeto *Colis / Calage*, escolheu-se o método do planejamento fatorial. A escolha desse método, juntamente com as devidas justificativas, foi apresentada no capítulo 3.

Identificou-se o problema como sendo um problema com dois fatores, cada um deles apresentando três níveis. Esse tipo de problema é chamado de planejamento fatorial 3^2 (MONTGOMERY, 1984).

Com relação ao número de repetições para o experimento, a decisão foi tomada com base nos recursos disponíveis. Foram estimados o tempo necessário para a realização completa de cada teste e o custo correspondente, comparando-se esses valores com os recursos financeiros e temporais disponíveis. Dessa forma, determinou-se que se fariam dezenove réplicas para o experimento, totalizando vinte experimentos para cada uma das nove combinações dos dois fatores. A matriz de experimentos para o problema ficou sendo, então, a seguinte:

Tabela 10 – Matriz de experimentos para o modelo fatorial 3^2 com vinte repetições

A1			A2			A3		
B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
y_{111}	y_{121}	y_{131}	y_{211}	y_{221}	y_{231}	y_{311}	y_{321}	y_{331}
y_{112}	y_{122}	y_{132}	y_{212}	y_{222}	y_{232}	y_{312}	y_{322}	y_{332}
...
y_{1120}	y_{1220}	y_{1320}	y_{2120}	y_{2220}	y_{2320}	y_{3120}	y_{3220}	y_{3320}

4.3.4 Análise dos dados

Após a realização dos experimentos, de acordo com os procedimentos descritos previamente, foram obtidos os resultados apresentados na Tabela 11:

Tabela 11 – Matriz de experimentos com os resultados dos testes realizados

A1			A2			A3		
B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
5	2	0	7	7	1	7	2	4
5	4	4	8	7	1	2	2	2
2	1	0	3	5	2	7	5	2
3	2	1	4	5	4	4	4	3
4	1	0	9	3	3	5	1	4
3	4	0	4	4	2	4	3	2
4	2	0	9	4	5	5	7	2
0	3	0	5	1	3	7	2	4
3	2	0	2	3	4	10	6	4
0	2	3	9	1	1	5	5	1
2	0	0	8	5	0	9	5	3
4	3	0	3	3	2	4	4	2
4	3	0	5	3	2	10	7	1
2	2	0	9	4	1	3	1	3
4	2	1	2	3	1	9	3	2
2	5	1	7	5	2	10	4	5
4	4	1	9	5	1	7	2	2
3	4	0	4	6	2	10	7	4
4	4	0	9	1	4	11	5	4
3	5	1	8	1	1	8	1	4

A análise de resíduos, cujo gráfico é apresentado abaixo, não mostrou nenhum tipo de padrão não aleatório ou presença de dados suspeitos, o que permitiu a continuação da análise sem a necessidade de se refazer nenhum experimento.

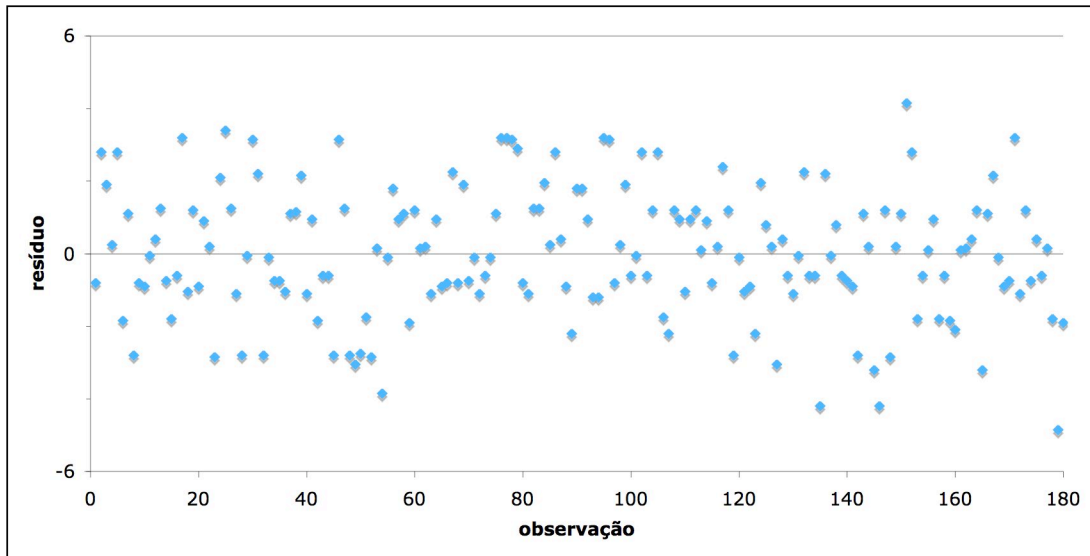


Figura 28 – Resíduos em gráfico linear

A partir dos resultados dos testes, uma tabela para a análise de variância pôde ser construída. Nessa tabela também estão incluídas as análises para os ajustes de curvas linear e quadrática para o fator B , visto que se trata de uma variável quantitativa, cuja influência sobre a variável de resposta também é desejada para níveis intermediários desse fator.

Tabela 12 – Tabela de análise de variância para a análise dos resultados dos testes

Fonte de Variação	SQ	GL	QM	F_0	$F_{10\%}$	$F_{5\%}$	$F_{2,5\%}$	$F_{1\%}$	$F_{0,5\%}$
Fator A	190,48	2	95,24	28,41	2,35	3,07	3,80	4,79	5,54
Fator B	368,61	2	184,31	54,98	2,35	3,07	3,80	4,79	5,54
(Linear)	367,50	1	367,50	109,62	2,75	3,92	5,15	6,85	8,18
(Quadrático)	1,11	1	1,11	0,33	2,75	3,92	5,15	6,85	8,18
Interação	43,99	4	11,00	3,28	1,99	2,45	2,89	3,48	3,92
Erro	573,25	171	3,35						
Total	1.176,33	179							

As células em verde correspondem aos valores de F_α inferiores ao valor de F_0 correspondente e as vermelhas, aos valores de F_α superiores ao valor de F_0 em questão.

Deve-se dizer que os valores de F_α apresentados na Tabela 12 acima correspondem aos valores para 120 graus de liberdade do denominador, pois não foram encontrados os valores para 171 graus de liberdade nas tabelas tradicionais de distribuição F de Snedecor. Isso, no entanto, não apresenta problemas para a análise, uma vez que os valores de F_α decrescem

conforme aumentam os graus de liberdade do denominador. Assim, se um dado valor de F_0 é superior ao valor de F_α correspondente para 120 graus de liberdade do denominador, ele também o será para o valor de F_α correspondente para 171 graus de liberdade.

Na Tabela 12 acima, apenas duas células poderiam apresentar problemas: o valor de $F_{10\%}$ para o modelo quadrático e o valor de $F_{1\%}$ para a interação. Neste caso, deve-se comparar os valores de F_0 com os F_α correspondentes para 240 graus de liberdade do denominador. A Tabela 13 mostra essa comparação:

Tabela 13 – Valores de F_α para 240 graus de liberdade do denominador

Fonte de Variação	F_0	$F_{10\%}$	$F_{1\%}$
(Quadrático)	0,33	2,73	-
Interação	3,28	-	3,40

Como nenhum dos dois valores de F_0 é superior ao valor de F_α correspondente, pode-se afirmar que as constatações da Tabela 12 acima são verdadeiras.

Voltando à análise dessa tabela, pode-se concluir que tanto o fator A quanto o B apresentam influência sobre a variável de resposta, mesmo com apenas 0,5% de significância. Da mesma maneira, o modelo linear aproxima bem o comportamento da variável de resposta em função do fator B (com 0,5% de significância). Por outro lado, o modelo quadrático não se mostrou adequado nesse caso, mesmo com 10% de significância.

O efeito da interação entre os fatores A e B não se mostrou relevante a uma porcentagem de significância de 1%. Analisando o gráfico de interações abaixo, pode-se concluir que, efetivamente, não parece haver nenhuma interação acentuada entre os dois fatores para os níveis 2 e 3 do fator B (os três segmentos de reta que vão do nível 2 ao nível 3 são praticamente paralelos). Entretanto, quando se passa do nível 2 ao nível 1 (do fator B), pode-se notar que a curva referente ao nível 1 do fator A apresenta uma inclinação diferente das outras duas curvas, indicando algum nível de interação entre os dois fatores.

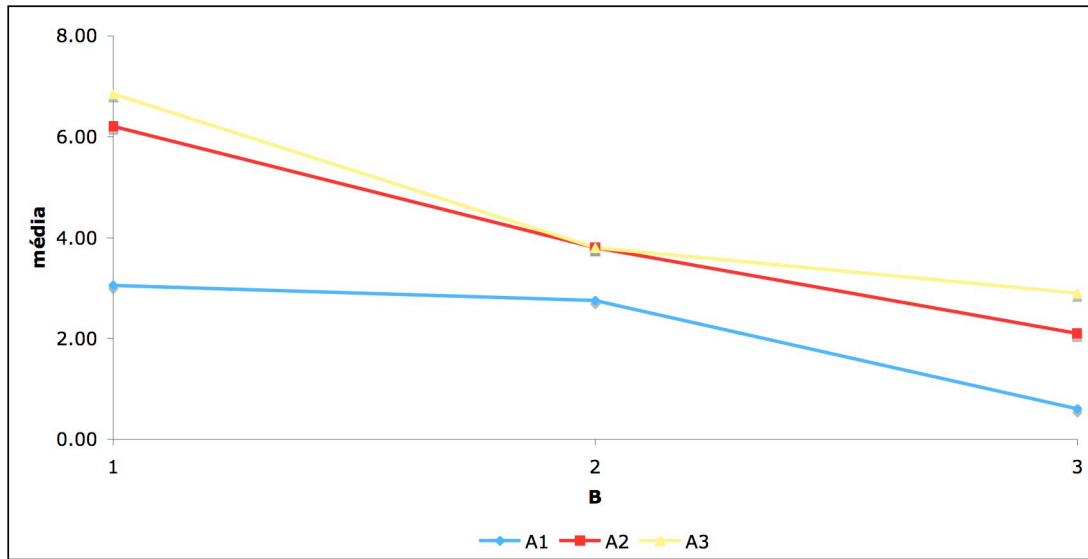


Figura 29 – Gráfico de interações

Conforme mostrou a Tabela 12, apenas o modelo linear é representativo para simular o comportamento da variável de resposta em função do fator B . Dado que os três níveis desse fator estão igualmente espaçados, pode-se determinar a função que relaciona o fator B e a variável de resposta através do método dos polinômios ortogonais (MONTGOMERY, 1984). Ainda segundo Montgomery (1984), na presença de interação entre os fatores, deve-se determinar uma função para cada nível do outro fator. Em outras palavras, devem determinadas três curvas (lineares) relacionando a variável de resposta ao fator B , uma para cada nível do fator A .

A seguir, serão apresentados os cálculos realizados para a obtenção da curva para o nível 1 do fator A . As curvas para os outros dois níveis foram obtidas de maneira análoga.

Deve-se determinar o polinômio:

$$\hat{y} = \hat{\alpha}_0 P_0(x) + \hat{\alpha}_1 P_1(x) \quad (18)$$

Onde:

$$P_0(x) = 1 \quad (13)$$

$$P_1(x) = \lambda_1 \left[\frac{(x - \bar{x})}{d} \right] \quad (14)$$

$$\hat{\alpha}_i = \frac{\sum y P_i(x)}{\sum [P_i(x)]^2} \quad (17)$$

Sendo:

$d = 50$ (distância entre os níveis do fator B)

$\lambda_1 = 1$ (constante que garante que o polinômio assumira valores inteiros, extraída da Tabela 20 do Anexo B)

$i = 0, 1$

A partir dos dados da Tabela 11, podem ser determinados os parâmetros do polinômio:

$$\hat{\alpha}_0 = \frac{\sum y P_0(x)}{\sum [P_0(x)]^2} = \frac{128}{20(3)} = 2,133 \quad (19)$$

$$\hat{\alpha}_1 = \frac{\sum y P_1(x)}{\sum [P_1(x)]^2} = \frac{-49}{20(2)} = -1,225 \quad (20)$$

Assim, o polinômio procurado fica sendo:

$$\hat{y} = 2,133 - 1,225(1) \left(\frac{x - 50}{50} \right) = 3,358 - 0,025x \quad (21)$$

Cuja curva é apresentada a seguir, juntamente com os dados para o nível 1 do fator A :

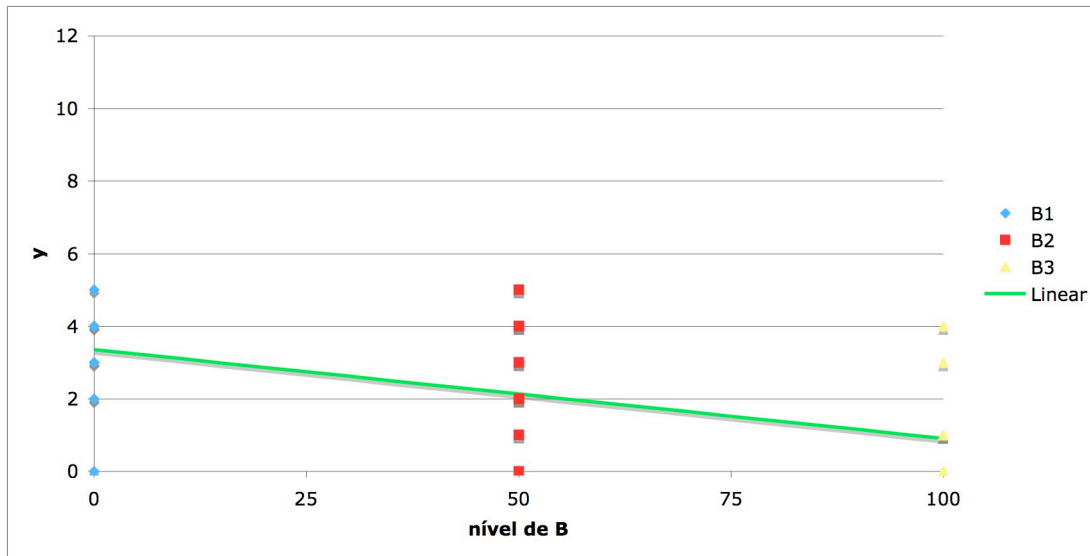


Figura 30 – Variável de resposta em função do fator B para o nível 1 do fator A

Para o nível 2 do fator A , o polinômio e a curva correspondentes são:

$$\hat{y} = 6,083 - 0,041x \quad (22)$$

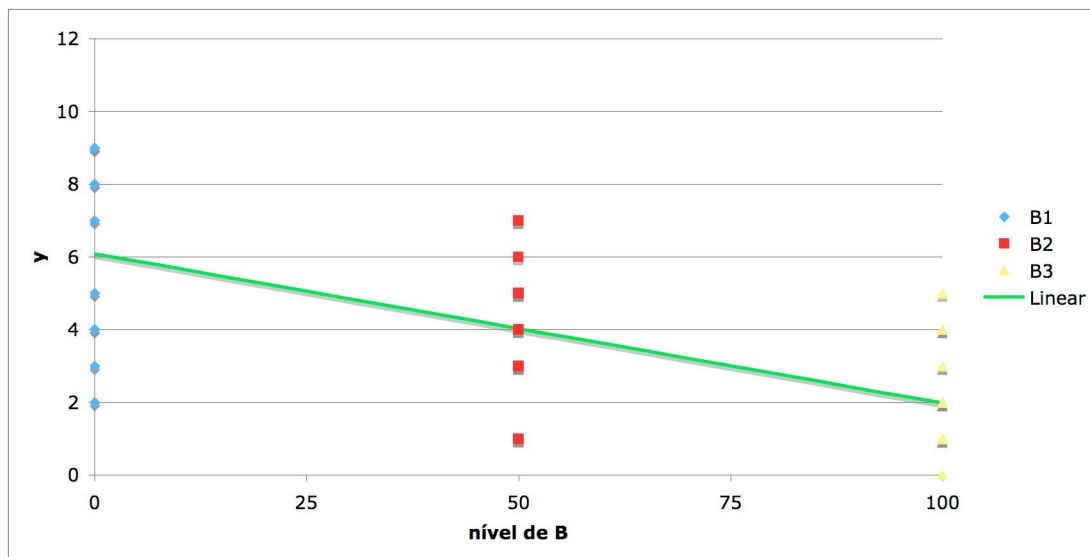


Figura 31 – Variável de resposta em função do fator B para o nível 2 do fator A

Para o nível 3 do fator A :

$$\hat{y} = 6,492 - 0,040x \quad (23)$$

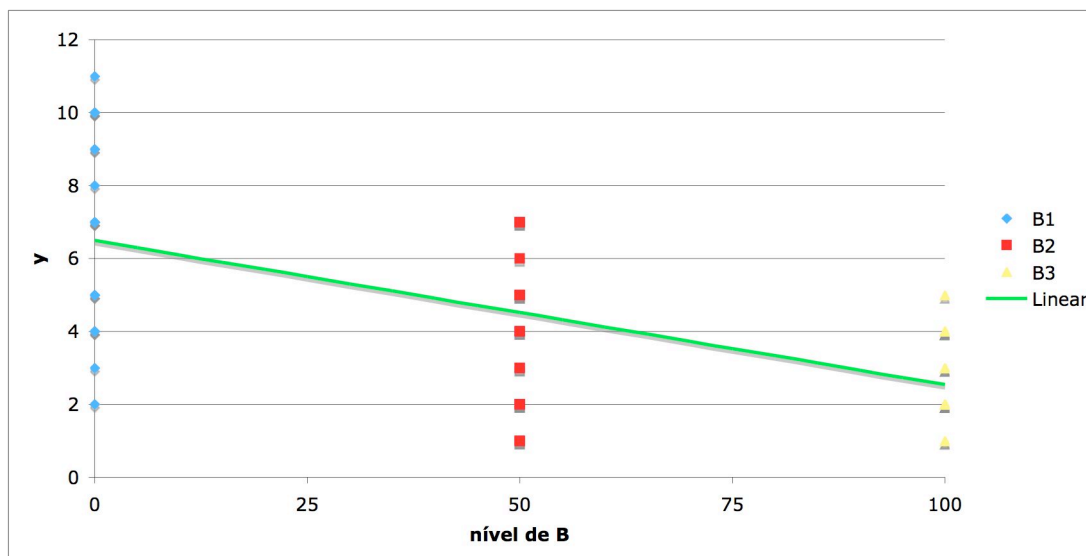


Figura 32 – Variável de resposta em função do fator B para o nível 3 do fator A

4.3.5 Conclusões e recomendações

A etapa anterior permitiu concluir que existe, efetivamente, influência dos fatores A e B sobre a variável de resposta do processo, sendo maior o efeito de B (quantidade de *calage*) que o efeito de A (tamanho da caixa). Dessa forma, deve-se buscar, como forma de melhoria do processo, a utilização do menor tamanho de caixa possível e da maior quantidade de *calage* possível, com prioridade para este último.

A interação entre os fatores de controle não se mostrou relevante com baixas porcentagens de significância. Uma análise um pouco mais aprofundada permitiu concluir que a interação é mais presente quando se varia o nível do fator A de 1 para 2 ou 3 e o do fator B de 1 para 2. Isso poderia significar que, ao se trabalhar com a caixa pequena ($C0$), que corresponde ao nível 1 do fator A , baixas taxas de preenchimento das caixas com o *calage* não apresentariam efeitos significativos nos resultados dos testes, conforme mostra a Figura 36.

Como o mesmo não ocorre para os outros níveis do fator A (caixas maiores), isso sugere a existência de uma quantidade mínima de *calage* (em litros) necessária para se obter efeitos sobre a variável de resposta. Essa quantidade mínima corresponderia, aproximadamente, ao

encontro do nível 1 do fator *A* com o nível 2 do fator *B* (ver Figura 36). Isso corresponderia a 0,56 litros, conforme mostra a Tabela 14, que nada mais é do que a Tabela 9 onde se substituiu *x* por 3,47 (soma dos volumes dos artigos colocados em cada caixa, em litros):

Tabela 14 – Volume em litros de *calage* utilizado para cada combinação dos fatores *A* e *B*

Nível do fator <i>B</i>	Taxa de preenchimento	Volume (L) de isolamento mecânico por nível do fator <i>A</i>		
		1 (C0)	2 (C2)	3 (C3)
1	0%	0	0	0
2	50%	0,56	1,60	2,69
3	100%	1,13	3,20	5,38

Na prática, essa quantidade mínima de 0,56 litros de *calage* seria superada em todos os casos, visto que a caixa C0 é a menor utilizada nos *CPCs* e que as taxas de preenchimento desejadas são próximas a 100%. Por esse motivo, decidiu-se pelo não aprofundamento da análise dessa questão.

A seguir encontram-se as recomendações às quais se chegou a partir das conclusões apresentadas acima.

Redução do tamanho da caixa utilizada

Conforme foi visto na seção 2.2. (“A atividade logística da *VAD*”), a escolha do tipo de caixa mais apropriado para uma dada encomenda é feito automaticamente por um sistema que considera as dimensões e os volumes dos artigos que deverão ser colocados dentro da caixa. Evidentemente, o sistema utiliza uma margem de segurança, pois não há como não deixar espaços vazios entre os produtos.

A única forma de se utilizar caixas menores é reduzir essa margem de segurança, através de uma alteração nos parâmetros do sistema de escolha das caixas. Entretanto, essa medida provocaria uma redução na produtividade do ateliê de *picking*, uma vez que os operadores desse ateliê deverão arrumar melhor os artigos dentro das caixas, levando mais tempo para desempenhar suas tarefas.

Assim, deve-se buscar um equilíbrio entre os ganhos com a eventual redução no número de artigos defeituosos e as perdas devidas à queda de produtividade do ateliê de *picking*. Esse equilíbrio pode ser obtido através de um estudo do acompanhamento do número de reclamações de clientes insatisfeitos e da produtividade das linhas dos *CPCs*.

Aumento da quantidade de *calage* utilizado

A fim de se aumentar a quantidade de *calage* depositada dentro das caixas, algumas recomendações foram feitas com base no estudo das tarefas realizadas pelo operador responsável pelo posto preenchimento das caixas com o *calage*. A idéia por trás desse estudo é identificar formas de dar mais tempo para os operadores desse posto realizarem a sua tarefa mais importante, que é o preenchimento das caixas.

Em primeiro lugar, deve-se melhorar o desempenho do ateliê de *picking*, pelos seguintes motivos:

- Se os produtos já saírem desse ateliê suficientemente arrumados dentro das caixas, o operador do ateliê de preenchimento das caixas com o *calage* ganhará tempo por dois motivos:
 - Não perderá mais tanto tempo se preocupando com as caixas que possam bloquear a máquina de fechamento automático, pois elas estarão com seus produtos melhor posicionados.
 - Deverá interromper bem menos vezes seu trabalho para desbloquear a máquina de fechamento automático.
- A redução do número de erros de preparação de encomendas no ateliê de *picking* dará mais tempo ao operador do posto de controle *Pack*, que deverá verificar um menor número de pacotes. Com uma menor carga de trabalho, o operador desse posto poderia:
 - Verificar se os artigos estão suficientemente arrumados dentro das caixas, reduzindo ainda mais o número daquelas que poderiam bloquear a máquina

de fechamento automático. Isso daria ainda mais tempo ao operador do posto seguinte para o preenchimento das caixas com o *calage*, pelos motivos já citados acima.

- Realizar a alimentação da máquina de fechamento automático com cola, eliminando uma das tarefas do operador do posto de preenchimento das caixas com o *calage*.
- Assumir a tarefa do operador do posto de preenchimento das caixas com o *calage* de desbloquear a máquina de fechamento automático.

A melhoria do desempenho do ateliê de *picking* poderia ser feita através da utilização do *Failure Mode and Effect Analysis (Fmea)*, Análise do Modo e do Efeito de Falha, em português, cuja metodologia pode ser encontrada em Rotondaro et al. (2002).

Com relação às tarefas do operador responsável pelo preenchimento das caixas com o *calage* que não podem ser transferidas para outros operadores e nem ter sua carga reduzida por meio de ações em outros ateliês, foram identificadas as tarefas relacionadas aos papéis colocados dentro das caixas.

A exigência por parte do departamento comercial de que se coloque uma camada de encartes e propagandas no fundo da caixa e outra sobre os produtos prejudica bastante o trabalho dos operadores do posto de preenchimento das caixas com o *calage*. Estes últimos devem erguer a camada de papéis sobre os produtos antes de colocar o *calage* na caixa, pois essa camada não permite que o *calage* preencha os espaços vazios entre os produtos de maneira adequada. Essa operação faz com que se perca muito tempo. Tempo esse que poderia ser utilizado para preencher melhor as caixas com o *calage*. Foram observados alguns casos em que o operador simplesmente não tinha tempo de erguer os papéis e o *calage* ficava mal distribuído dentro da caixa (não preenchia os espaços vazios entre os produtos de maneira adequada).

Assim, seria interessante negociar com o departamento comercial a possibilidade de se colocar todos os papéis no fundo da caixa, eliminando uma operação no ateliê de preenchimento das caixas com o *calage*.

Para isso, poderia ser feito um teste envolvendo um *CPC* qualquer durante um determinado período de tempo. Nesse período, seria adotada a configuração com apenas uma camada de papéis, no fundo da caixa, e seriam medidos índices como o número de reclamações, o desempenho do ateliê de preenchimento das caixas com o *calage* e a variação do *market share* no mercado correspondente ao *CPC* em questão. A partir dessa análise, poderiam ser obtidos elementos para a negociação com o departamento comercial em caso de sucesso. Em caso de fracasso, seria abandonada essa recomendação, voltando o *CPC* às suas atividades normais.

5 Comentários

A realização dos experimentos através do método do planejamento fatorial trouxe resultados que permitiram uma boa análise da influência dos fatores de controle sobre a variável de resposta. Com base nesses resultados, foram feitas algumas recomendações, que também podem ser chamadas de proposições de melhoria. Essas recomendações correspondem aos resultados do projeto *Colis / Calage* e estão de acordo com os objetivos iniciais desse projeto.

Conforme dito no início deste trabalho, não seria possível determinar o impacto do projeto *Colis / Calage* no número de reclamações recebidas da parte dos clientes. Isso se deve aos seguintes fatos:

- A implantação das recomendações que não necessitavam de um estudo prévio iria ocorrer após o término do estágio deste autor no Grupo Yves Rocher. Além disso, mesmo após a implantação completa dessas recomendações, ainda seriam necessários alguns meses acompanhando a evolução do número de reclamações recebidas para que pudessem ser tiradas as primeiras conclusões.
- Paralelamente ao projeto *Colis / Calage*, foi realizado um outro projeto, chamado *Tests et Méthodes Articles de Conditionnement* (Testes e Métodos para os Artigos de Acondicionamento, em português). O objetivo desse projeto também era reduzir o número de reclamações recebidas da parte dos clientes, mas seu escopo estava relacionado às embalagens dos produtos. Dessa forma, não haveria como identificar o motivo de uma eventual redução no número de reclamações recebidas, dado que ações dos dois projetos poderiam ser realizadas simultaneamente.

Entretanto, o projeto *Colis / Calage* apresentou alguns resultados de ordem prática importantes, além das recomendações de implantação imediata:

- Formalização de alguns conceitos tidos como verdades (“quanto mais *calage* dentro da caixa, melhor”, por exemplo) através de um método científico.

- Quebra de alguns paradigmas, por exemplo: “é melhor uma caixa grande com uma grande quantidade de *calage* do que uma caixa pequena com pouco *calage*”.
- Identificação de novos projetos (*Fmea* aplicado ao ateliê de *picking*, por exemplo) e justificativa formal para a alocação de recursos para sua realização.

Esta última foi importante para a subdivisão Distribuição, pois em setembro de 2007, mês em que terminou o trabalho deste autor no projeto *Colis / Calage*, estavam sendo definidos os orçamentos para o ano de 2008, e os resultados obtidos com o projeto puderam ser usados nas negociações.

6 Conclusão

Este trabalho foi dedicado ao estudo de um processo com o objetivo de melhorá-lo. O processo em questão (preparação de encomendas *VAD*) é de extrema importância para a empresa, visto que mais da metade do seu faturamento corresponde à atividade da *VAD*. Além disso, a busca pela satisfação de seus clientes é essencial para qualquer empresa que tenha a ambição de ser competitiva no mercado atual.

Foram vistas diferentes abordagens que poderiam ser utilizadas na resolução desse tipo de problema. Todas elas podem ser extremamente eficazes, desde que se tome o cuidado de considerar os diferentes aspectos e particularidades do problema na escolha do método. Cada método é mais adequado a um determinado tipo de problema.

No contexto do projeto *Colis / Calage*, o método que se mostrou mais adequado foi o delineamento de experimentos. Durante a aplicação desse método, tomou-se o cuidado de adaptá-lo da melhor maneira possível às características próprias do projeto sem esquecer as restrições impostas, sobretudo de ordem financeira e temporal.

Alguns resultados se mostraram inesperados enquanto que outros poderiam até ser considerados como “a confirmação do óbvio”. Entretanto, mesmo estes últimos têm sua importância, uma vez que não se deve nunca aceitar as verdades sem contestá-las. Muitas dessas “verdades” não comprovadas são a causa do insucesso de inúmeras empresas.

Os objetivos do projeto foram atingidos, pois, no final, diversas recomendações foram formuladas com base nos resultados obtidos. Dentre elas, algumas puderam ser classificadas como de implantação imediata, uma vez que não exigiam estudos prévios e nem grandes investimentos. Outras, no entanto, dariam origem a novos projetos e a novos estudos.

Além disso, toda a documentação deixada por este autor na empresa referente ao planejamento e à execução dos testes para o estudo de melhoria de um processo permitirão novos estudos similares no futuro e a expansão do projeto *Colis / Calage* a um perímetro mais global, caso a empresa tome esta decisão.

A realização desses novos projetos é bastante importante, pois ela representa a seqüência do processo de melhoria contínua, que nunca deve ser esquecido no contexto competitivo atual. Essa foi a grande contribuição do projeto *Colis / Calage* para o Grupo Yves Rocher.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COSTA NETO, P. L. O. **Estatística**. 2^a ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2002. 264 p.

DAVENPORT, T. H. **Reengenharia de Processos**: Como Inovar na Empresa Através da Tecnologia da Informação. Rio de Janeiro: Campus, 1994.

FARIA, A. L. **Aplicação da metodologia Taguchi no estudo de um processo de pintura numa fábrica de caminhões**. 1992. Trabalho de Formatura – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

GALDÁMEZ, E. V. C. **Aplicação das técnicas de planejamento e análise de experimentos na melhoria da qualidade de um processo de fabricação de produtos plásticos**. 2002. 133 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

GARCIA, G. P. **Melhoria da Qualidade Usando Delineamento de Experimentos**: uma Análise da Metodologia de Taguchi. 2001. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

HAMMER, M.; CHAMPY, J. **Reengenharia**: revolucionando a empresa em função dos clientes, da concorrência e das grandes mudanças da gerência. Rio de Janeiro: Campus, 1994.

HARRINGTON, H. J. **Gerenciamento Total da Melhoria Contínua**: a Nova Geração da Melhoria de Desempenho. São Paulo: Makron Books, 1997.

MONTGOMERY, D. C. **Design and analysis of experiments**. 2nd Ed. [S.l.]: John Wiley & Sons, 1984.

ROTONDARO, R. G. et al. **Seis Sigma**: Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços. São Paulo: Ed. Atlas, 2002. 376 p.

TAGUCHI, G. **The System of Experimental Design**: Engineering Methods to Optimize Quality and Minimize Costs. [S.l.]: UNIPUB/Kraus International Publications, 1987. 2 v.

APÊNDICE A – Logística *VAD*: parte externa ao Grupo Yves Rocher

Esta parte compreenderá todas as etapas desde a partida dos caminhões carregados dos *CPCs* até a entrega das encomendas aos clientes.

De maneira geral (isso pode variar um pouco de acordo com o distribuidor em questão), as encomendas saem dos *CPCs* e são levadas a um primeiro centro de triagem (na maioria dos casos, é um centro gerado pelos correios do país em questão), próximo ao *CPC*. Normalmente, trata-se de um grande centro de triagem, que tem por objetivo direcionar as encomendas a uma das grandes direções. Cada uma dessas grandes direções corresponde a um outro grande centro de triagem, responsável pelas encomendas de uma grande região. Esse segundo centro direciona os pacotes a uma agência de entrega, que fica encarregada do transporte da encomenda até o cliente final.

Neste estudo não serão consideradas as agências de entrega. De todo o circuito de distribuição, a parte mais penosa para os pacotes é, sem dúvida, a sua passagem pelos grandes centros de triagem. O transporte nos caminhões e a passagem pela agência de entrega não representam um grande perigo para a preservação dos produtos expedidos.

Serão apresentadas então as etapas pelas quais passam os pacotes dentro de um centro de triagem, desde o descarregamento dos caminhões nas docas de chegada até o carregamento do caminhões que partem em direção a um outro centro de triagem ou a uma agência de entrega, nas docas de saída.



Figura 33 – Visão geral de um centro de triagem

O descarregamento dos caminhões nos centros de triagem depende, evidentemente, da maneira com a qual eles foram carregados:

- O **descarregamento dos paletes filmados** é realizado da seguinte maneira: uma empilhadeira recolhe o pálete dentro do caminhão e o leva à esteira de entrada do centro de triagem. Após a retirada do filme plástico, ela ergue o pálete alguns metros e o gira, fazendo com que os pacotes caiam sobre a esteira.
- O **descarregamento das pilhas organizadas** pode ser feito de duas formas distintas:
 - **Manualmente**: operadores pegam os pacotes dentro dos caminhões e os colocam sobre a esteira de entrada do centro de triagem.
 - **Automaticamente**: neste caso, o solo do interior do caminhão funciona como uma esteira, que transporta os pacotes para fora do caminhão, até que eles caiam sobre a esteira de entrada do centro de triagem. Em alguns casos, podem ser encontradas “cortinas” formadas por correntes, que reduzem a altura das quedas sofridas pelos pacotes.



Figura 34 – Exemplo de descarregamento



Figura 35 – Esteira de entrada do centro de triagem

Uma vez colocados sobre a esteira de entrada, os pacotes são levados ao primeiro posto, manual, onde o operador responsável deve:

- Verificar o estado do pacote. Se necessário, ele deve realizar pequenos consertos com fita adesiva. Caso o pacote esteja muito danificado, o operador deve direcioná-lo ao posto de reparo de pacotes.
- Colocar o pacote em posição adequada sobre a esteira de entrada do anel principal. Esta posição deve permitir a leitura do endereço de destinação do pacote pelo sistema automático de identificação de direções.



Figura 36 – Esteira de entrada do anel principal

O anel principal é uma grande esteira formada por várias pequenas plataformas. Cada pacote ocupa uma (no máximo duas) dessas plataformas, conforme mostra a Figura 44:



Figura 37 – Pacote sobre uma plataforma do anel principal

Logo após sua chegada ao anel principal, o pacote passa por um posto de identificação de direção. Normalmente, as máquinas deste posto conseguem ler o código postal escrito no pacote e identificar a direção para a qual ele deve ser enviado. No entanto, se a leitura automática do código postal não for possível, tiram-se fotos do pacote, que são enviadas à equipe responsável por encontrar o código postal e determinar o destino do pacote em questão.

Em seguida, os pacotes continuam a seguir pelo anel principal até chegarem à zona dos containeres.



Figura 38 – Zona dos containeres

Cada container é destinado à uma direção. Quando o pacote se aproxima do container que corresponde à sua direção de destinação, a plataforma sobre a qual ele se encontra inclina-se automaticamente em direção ao container. O pacote desliza, cai sobre uma rampa de acesso, continua a deslizar e cai, enfim, dentro do container, conforme mostra a Figura 46:



Figura 39 – Pacote caindo dentro do container correspondente à sua direção de destinação

Quando os containeres se enchem completamente, um operador os leva ao ateliê de expedição, para a zona que corresponde à direção deles. Nesse ateliê, os caminhões podem ser carregados de diferentes maneiras, por exemplo:

- Carregamento em **pilhas organizadas**:
 - **Através de uma empilhadeira**: realizado exatamente como no ateliê de expedição do *CPC*.
 - **Manual**: os pacotes são colocados sobre uma esteira que os transporta até o interior do caminhão, onde um operador os recolhe e os organiza.
- Carregamento em **pilhas não organizadas**: os pacotes são postos sobre uma esteira que os leva ao interior do caminhão. Ao chegarem à extremidade da esteira, eles caem uns sobre os outros no interior do caminhão. A esteira se mexe de um lado para o outro, de forma a distribuir os pacotes de maneira mais ou menos uniforme, como mostra a Figura 47:



Figura 40 – Carregamento em pilhas não organizadas

No final, os caminhões carregados partem em direção a um outro centro de triagem (onde os pacotes passarão pelo mesmo processo e serão direcionados para uma agência de entrega) ou a uma agência de entrega, que será responsável por realizar o transporte dos pacotes aos clientes finais.

ANEXO A – Ciclo de oportunidades de Harrington

- Fase 1: Fase de Seleção da Oportunidade
 - Atividade 1: Relacionar os problemas
 - Atividade 2: Coletar dados
 - Atividade 3: Verificar os problemas
 - Atividade 4: Estabelecer a ordem de prioridade dos problemas
 - Atividade 5: Selecionar os problemas
 - Atividade 6: Definir os problemas
- Fase 2: Fase de Proteção
 - Atividade 7: Tomar providências para proteger o cliente
 - Atividade 8: Verificar a eficácia da ação tomada
- Fase 3: Fase de Análise
 - Atividade 9: Compilar sintomas do problema
 - Atividade 10: Validar o problema
 - Atividade 11: Separar causa e efeito
 - Atividade 12: Definir a causa fundamental
- Fase 4: Fase de Correção
 - Atividade 13: Desenvolver soluções alternativas
 - Atividade 14: Selecionar a melhor solução possível
 - Atividade 15: Desenvolver um plano de implementação
 - Atividade 16: Conduzir um plano-piloto
 - Atividade 17: Apresentar a solução para aprovação
- Fase 5: Fase de Medição
 - Atividade 18: Implementar o plano aprovado
 - Atividade 19: Medir o custo e o impacto
 - Atividade 20: Remover a ação protetora (instalada na Fase 2)
- Fase 6: Fase de Prevenção
 - Atividade 21: Aplicar a ação posta em prática a atividades semelhantes
 - Atividade 22: Definir e corrigir o problema de processo básico
 - Atividade 23: Mudar a documentação do processo para evitar recorrência
 - Atividade 24: Proporcionar treinamento adequado

- Atividade 25: Retornar à Fase 1, Atividade 1

Fonte: Harrington (1997)

ANEXO B – Tabelas

Tabela 15 – Distribuição *F* de Snedecor ao nível de 10% de probabilidade

GL	V1																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	40	60	120	240				
1	39,864	49,500	53,593	55,833	57,240	58,204	58,906	59,439	59,857	60,195	60,473	60,705	60,902	61,073	61,220	61,740	62,529	62,794	63,061	63,194				
2	8,526	9,000	9,162	9,243	9,293	9,326	9,349	9,367	9,381	9,392	9,401	9,408	9,415	9,420	9,425	9,441	9,466	9,475	9,483	9,487				
3	5,538	5,462	5,391	5,343	5,309	5,285	5,266	5,252	5,240	5,230	5,222	5,216	5,210	5,205	5,200	5,184	5,160	5,151	5,143	5,138				
4	4,545	4,325	4,191	4,107	4,051	4,010	3,979	3,955	3,936	3,920	3,907	3,896	3,886	3,878	3,870	3,844	3,804	3,790	3,775	3,768				
5	4,060	3,780	3,619	3,520	3,453	3,405	3,368	3,339	3,316	3,297	3,282	3,268	3,257	3,247	3,238	3,207	3,157	3,140	3,123	3,114				
6	3,776	3,463	3,289	3,181	3,108	3,055	3,014	2,983	2,958	2,937	2,920	2,905	2,892	2,881	2,871	2,836	2,781	2,762	2,742	2,732				
7	3,589	3,257	3,074	2,961	2,883	2,827	2,785	2,752	2,725	2,703	2,684	2,668	2,654	2,643	2,632	2,595	2,535	2,514	2,493	2,482				
8	3,458	3,113	2,924	2,806	2,726	2,668	2,624	2,589	2,561	2,538	2,519	2,502	2,488	2,475	2,464	2,425	2,361	2,339	2,316	2,304				
9	3,360	3,006	2,813	2,693	2,611	2,551	2,505	2,469	2,440	2,416	2,396	2,379	2,364	2,351	2,340	2,298	2,232	2,208	2,184	2,172				
10	3,285	2,924	2,728	2,605	2,522	2,461	2,414	2,377	2,347	2,323	2,302	2,284	2,269	2,255	2,244	2,201	2,132	2,107	2,082	2,069				
11	3,225	2,860	2,660	2,536	2,451	2,389	2,342	2,304	2,274	2,248	2,227	2,209	2,193	2,179	2,167	2,123	2,052	2,026	2,000	1,986				
12	3,177	2,807	2,606	2,480	2,394	2,331	2,283	2,245	2,214	2,188	2,166	2,147	2,131	2,117	2,105	2,060	1,986	1,960	1,932	1,918				
13	3,136	2,763	2,560	2,434	2,347	2,283	2,234	2,195	2,164	2,138	2,116	2,097	2,080	2,066	2,053	2,007	1,931	1,904	1,876	1,861				
14	3,102	2,726	2,522	2,395	2,307	2,243	2,193	2,154	2,122	2,095	2,073	2,054	2,037	2,022	2,010	1,962	1,885	1,857	1,828	1,813				
15	3,073	2,695	2,490	2,361	2,273	2,208	2,158	2,119	2,086	2,059	2,037	2,017	2,000	1,985	1,972	1,924	1,845	1,817	1,787	1,771				
16	3,048	2,668	2,462	2,333	2,244	2,178	2,128	2,088	2,055	2,028	2,005	1,985	1,968	1,953	1,940	1,891	1,811	1,782	1,751	1,735				
17	3,026	2,645	2,437	2,308	2,218	2,152	2,102	2,061	2,028	2,001	1,978	1,958	1,940	1,925	1,912	1,862	1,781	1,751	1,719	1,703				
18	3,007	2,624	2,416	2,286	2,196	2,130	2,079	2,038	2,005	1,977	1,954	1,933	1,916	1,900	1,887	1,837	1,754	1,723	1,691	1,674				
19	2,990	2,606	2,397	2,266	2,176	2,109	2,058	2,017	1,984	1,956	1,932	1,912	1,894	1,878	1,865	1,814	1,730	1,699	1,666	1,649				
20	2,975	2,589	2,380	2,249	2,158	2,091	2,040	1,999	1,965	1,937	1,913	1,892	1,875	1,859	1,845	1,794	1,708	1,677	1,643	1,626				
21	2,961	2,575	2,365	2,233	2,142	2,075	2,023	1,982	1,948	1,920	1,896	1,875	1,857	1,841	1,827	1,776	1,689	1,657	1,623	1,605				
22	2,949	2,561	2,351	2,219	2,128	2,060	2,008	1,967	1,933	1,904	1,880	1,859	1,841	1,825	1,811	1,759	1,671	1,639	1,604	1,586				
23	2,937	2,549	2,339	2,207	2,115	2,047	1,995	1,953	1,919	1,890	1,866	1,845	1,827	1,811	1,796	1,744	1,655	1,622	1,587	1,568				
24	2,927	2,538	2,327	2,195	2,103	2,035	1,983	1,941	1,906	1,877	1,853	1,832	1,814	1,797	1,783	1,730	1,641	1,607	1,571	1,552				
25	2,918	2,528	2,317	2,184	2,092	2,024	1,971	1,929	1,895	1,866	1,841	1,820	1,802	1,785	1,771	1,718	1,627	1,593	1,557	1,538				
26	2,909	2,519	2,307	2,174	2,082	2,014	1,961	1,919	1,884	1,855	1,830	1,809	1,790	1,774	1,760	1,706	1,615	1,581	1,544	1,524				
27	2,901	2,511	2,299	2,165	2,073	2,005	1,952	1,909	1,874	1,845	1,820	1,799	1,780	1,764	1,749	1,695	1,603	1,569	1,531	1,511				
28	2,894	2,503	2,291	2,157	2,064	1,996	1,943	1,900	1,865	1,836	1,811	1,790	1,771	1,754	1,740	1,685	1,592	1,558	1,520	1,500				
29	2,887	2,495	2,283	2,149	2,057	1,988	1,935	1,892	1,857	1,827	1,802	1,781	1,762	1,745	1,731	1,675	1,583	1,547	1,509	1,489				
30	2,881	2,489	2,276	2,142	2,049	1,980	1,927	1,884	1,849	1,819	1,794	1,773	1,754	1,737	1,722	1,667	1,573	1,538	1,499	1,478				
40	2,835	2,440	2,226	2,091	1,997	1,927	1,873	1,829	1,793	1,763	1,737	1,715	1,695	1,678	1,662	1,605	1,506	1,467	1,425	1,402				
50	2,809	2,412	2,197	2,061	1,966	1,895	1,840	1,796	1,760	1,729	1,703	1,680	1,660	1,643	1,627	1,568	1,465	1,424	1,379	1,354				
60	2,791	2,393	2,177	2,041	1,946	1,875	1,819	1,775	1,738	1,707	1,680	1,657	1,637	1,619	1,603	1,543	1,437	1,395	1,348	1,321				
80	2,769	2,370	2,154	2,016	1,921	1,849	1,793	1,748	1,711	1,680	1,653	1,629	1,609	1,590	1,574	1,513	1,403	1,358	1,307	1,278				
100	2,756	2,356	2,139	2,002	1,906	1,834	1,778	1,732	1,695	1,663	1,636	1,612	1,592	1,573	1,557	1,494	1,382	1,336	1,282	1,250				
120	2,746	2,347	2,130	1,992	1,896	1,824	1,767	1,721	1,684	1,652	1,625	1,601	1,580	1,562	1,545	1,482	1,368	1,320	1,265	1,232				
240	2,727	2,325	2,107	1,968	1,871	1,799	1,742	1,696	1,658	1,625	1,598	1,573	1,552	1,533	1,516	1,451	1,332	1,281	1,219	1,180				

Fonte: www.famat.ufu.br

Tabela 16 – Distribuição *F* de Snedecor ao nível de 5% de probabilidade

GL	V1																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	40	60	120	240				
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	243.0	243.9	244.7	245.4	245.9	248.0	251.1	252.2	253.3	253.8				
2	18.513	19.000	19.164	19.247	19.296	19.329	19.353	19.371	19.385	19.396	19.405	19.412	19.419	19.424	19.429	19.446	19.471	19.479	19.487	19.492				
3	10.128	9.552	9.277	9.117	9.013	8.941	8.887	8.845	8.812	8.785	8.763	8.745	8.729	8.715	8.703	8.660	8.594	8.572	8.549	8.538				
4	7.709	6.944	6.591	6.388	6.256	6.163	6.094	6.041	5.999	5.964	5.936	5.912	5.891	5.873	5.858	5.803	5.717	5.688	5.658	5.643				
5	6.608	5.786	5.409	5.192	5.050	4.950	4.876	4.818	4.772	4.735	4.704	4.678	4.655	4.636	4.619	4.558	4.464	4.431	4.398	4.382				
6	5.987	5.143	4.757	4.534	4.387	4.284	4.207	4.147	4.099	4.060	4.027	4.000	3.976	3.956	3.938	3.874	3.774	3.740	3.705	3.687				
7	5.591	4.737	4.347	4.120	3.972	3.866	3.787	3.726	3.677	3.637	3.603	3.575	3.550	3.529	3.511	3.445	3.340	3.304	3.267	3.249				
8	5.318	4.459	4.066	3.838	3.688	3.581	3.500	3.438	3.388	3.347	3.313	3.284	3.259	3.237	3.218	3.150	3.043	3.005	2.967	2.947				
9	5.117	4.256	3.863	3.633	3.482	3.374	3.293	3.230	3.179	3.137	3.102	3.073	3.048	3.025	3.006	2.936	2.826	2.787	2.748	2.727				
10	4.965	4.103	3.708	3.478	3.326	3.217	3.135	3.072	3.020	2.978	2.943	2.913	2.887	2.865	2.845	2.774	2.661	2.621	2.580	2.559				
11	4.844	3.982	3.587	3.357	3.204	3.095	3.012	2.948	2.896	2.854	2.818	2.788	2.761	2.739	2.719	2.646	2.531	2.490	2.448	2.426				
12	4.747	3.885	3.490	3.259	3.106	2.996	2.913	2.849	2.796	2.753	2.717	2.687	2.660	2.637	2.617	2.544	2.426	2.384	2.341	2.319				
13	4.667	3.806	3.411	3.179	3.025	2.915	2.832	2.767	2.714	2.671	2.635	2.604	2.577	2.554	2.533	2.459	2.339	2.297	2.252	2.230				
14	4.600	3.739	3.344	3.112	2.958	2.848	2.764	2.699	2.646	2.602	2.565	2.534	2.507	2.484	2.463	2.388	2.266	2.223	2.178	2.155				
15	4.543	3.682	3.287	3.056	2.901	2.790	2.707	2.641	2.588	2.544	2.507	2.475	2.448	2.424	2.403	2.328	2.204	2.160	2.114	2.090				
16	4.494	3.634	3.239	3.007	2.852	2.741	2.657	2.591	2.538	2.494	2.456	2.425	2.397	2.373	2.352	2.276	2.151	2.106	2.059	2.035				
17	4.451	3.592	3.197	2.965	2.810	2.699	2.614	2.548	2.494	2.450	2.413	2.381	2.353	2.329	2.308	2.230	2.104	2.058	2.011	1.986				
18	4.414	3.555	3.160	2.928	2.773	2.661	2.577	2.510	2.456	2.412	2.374	2.342	2.314	2.290	2.269	2.191	2.063	2.017	1.968	1.943				
19	4.381	3.522	3.127	2.895	2.740	2.628	2.544	2.477	2.423	2.378	2.340	2.308	2.280	2.256	2.234	2.155	2.026	1.980	1.930	1.905				
20	4.351	3.493	3.098	2.866	2.711	2.599	2.514	2.447	2.393	2.348	2.310	2.278	2.250	2.225	2.203	2.124	1.994	1.946	1.896	1.870				
21	4.325	3.467	3.072	2.840	2.685	2.573	2.488	2.420	2.366	2.321	2.283	2.250	2.222	2.197	2.176	2.096	1.965	1.916	1.866	1.839				
22	4.301	3.443	3.049	2.817	2.661	2.549	2.464	2.397	2.342	2.297	2.259	2.226	2.198	2.173	2.151	2.071	1.938	1.889	1.838	1.811				
23	4.279	3.422	3.028	2.796	2.640	2.528	2.442	2.375	2.320	2.275	2.236	2.204	2.175	2.150	2.128	2.048	1.914	1.865	1.813	1.785				
24	4.260	3.403	3.009	2.776	2.621	2.508	2.423	2.355	2.300	2.255	2.216	2.183	2.155	2.130	2.108	2.027	1.892	1.842	1.790	1.762				
25	4.242	3.385	2.991	2.759	2.603	2.490	2.405	2.337	2.282	2.236	2.198	2.165	2.136	2.111	2.089	2.007	1.872	1.822	1.768	1.740				
26	4.225	3.369	2.975	2.743	2.587	2.474	2.388	2.321	2.265	2.220	2.181	2.148	2.119	2.094	2.072	1.990	1.853	1.803	1.749	1.720				
27	4.210	3.354	2.960	2.728	2.572	2.459	2.373	2.305	2.250	2.204	2.166	2.132	2.103	2.078	2.056	1.974	1.836	1.785	1.731	1.702				
28	4.196	3.340	2.947	2.714	2.558	2.445	2.359	2.291	2.236	2.190	2.151	2.118	2.089	2.064	2.041	1.959	1.820	1.769	1.714	1.685				
29	4.183	3.328	2.934	2.701	2.545	2.432	2.346	2.278	2.223	2.177	2.138	2.104	2.075	2.050	2.027	1.945	1.806	1.754	1.698	1.669				
30	4.171	3.316	2.922	2.690	2.534	2.421	2.334	2.266	2.211	2.165	2.126	2.092	2.063	2.037	2.015	1.932	1.792	1.740	1.683	1.654				
40	4.085	3.232	2.839	2.606	2.449	2.336	2.249	2.180	2.124	2.077	2.038	2.003	1.974	1.948	1.924	1.839	1.693	1.637	1.577	1.544				
50	4.034	3.183	2.790	2.557	2.400	2.286	2.199	2.130	2.073	2.026	1.986	1.952	1.921	1.895	1.871	1.784	1.634	1.576	1.511	1.476				
60	4.001	3.150	2.758	2.525	2.368	2.254	2.167	2.097	2.040	1.993	1.952	1.917	1.887	1.860	1.836	1.748	1.594	1.534	1.467	1.430				
80	3.960	3.111	2.719	2.486	2.329	2.214	2.126	2.056	1.999	1.951	1.910	1.875	1.845	1.817	1.793	1.703	1.545	1.482	1.411	1.370				
100	3.936	3.087	2.696	2.463	2.305	2.191	2.103	2.032	1.975	1.927	1.886	1.850	1.819	1.792	1.768	1.676	1.515	1.450	1.376	1.333				
120	3.920	3.072	2.680	2.447	2.290	2.175	2.087	2.016	1.959	1.910	1.869	1.834	1.803	1.775	1.750	1.659	1.495	1.429	1.352	1.307				
240	3.881	3.033	2.642	2.409	2.252	2.136	2.048	1.977	1.919	1.870	1.829	1.793	1.761	1.733	1.708	1.614	1.445	1.375	1.290	1.237				

Fonte: www.famat.ufu.br

Tabela 17 – Distribuição F de Snedecor ao nível de 2,5% de probabilidade

GL	V1																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	40	60	120	240
1	647.8	799.5	864.2	899.6	921.8	937.1	948.2	956.6	963.3	968.6	973.0	976.7	979.8	982.5	984.9	993.1	1005.6	1009.8	1014.0	1016.1
2	36.506	39.000	39.166	39.248	39.298	39.331	39.356	39.373	39.387	39.398	39.407	39.415	39.421	39.427	39.431	39.448	39.473	39.481	39.489	39.494
3	17.443	16.044	15.439	15.101	14.885	14.735	14.624	14.540	14.473	14.419	14.374	14.337	14.305	14.277	14.253	14.167	14.036	13.992	13.947	13.925
4	12.218	10.649	9.979	9.604	9.364	9.197	9.074	8.960	8.905	8.844	8.794	8.751	8.715	8.684	8.657	8.560	8.411	8.360	8.309	8.283
5	10.007	8.434	7.764	7.388	7.146	6.978	6.853	6.757	6.681	6.619	6.568	6.525	6.488	6.456	6.428	6.329	6.175	6.123	6.069	6.042
6	8.813	7.260	6.599	6.227	5.988	5.820	5.695	5.600	5.523	5.461	5.410	5.366	5.329	5.297	5.269	5.168	5.012	4.959	4.904	4.877
7	8.073	6.542	5.890	5.523	5.285	5.119	4.995	4.899	4.823	4.761	4.709	4.666	4.628	4.596	4.568	4.467	4.309	4.254	4.199	4.171
8	7.571	6.059	5.416	5.053	4.817	4.652	4.529	4.433	4.357	4.295	4.243	4.200	4.162	4.130	4.101	3.999	3.840	3.784	3.728	3.699
9	7.209	5.715	5.078	4.718	4.484	4.320	4.197	4.102	4.026	3.964	3.912	3.868	3.831	3.798	3.769	3.667	3.505	3.449	3.392	3.363
10	6.937	5.456	4.826	4.468	4.236	4.072	3.950	3.855	3.779	3.717	3.665	3.621	3.583	3.550	3.522	3.419	3.255	3.198	3.140	3.110
11	6.724	5.256	4.630	4.275	4.044	3.881	3.759	3.664	3.588	3.526	3.474	3.430	3.392	3.359	3.330	3.226	3.061	3.004	2.944	2.914
12	6.554	5.096	4.474	4.121	3.891	3.728	3.607	3.512	3.436	3.374	3.321	3.277	3.239	3.206	3.177	3.073	2.906	2.848	2.787	2.756
13	6.414	4.965	4.347	3.996	3.767	3.604	3.483	3.388	3.312	3.250	3.197	3.153	3.115	3.082	3.053	2.948	2.780	2.720	2.659	2.628
14	6.298	4.857	4.242	3.892	3.663	3.501	3.380	3.285	3.209	3.147	3.095	3.050	3.012	2.979	2.949	2.844	2.674	2.614	2.552	2.520
15	6.200	4.765	4.153	3.804	3.576	3.415	3.293	3.199	3.123	3.060	3.008	2.963	2.925	2.891	2.862	2.756	2.585	2.524	2.461	2.429
16	6.115	4.687	4.077	3.729	3.502	3.341	3.219	3.125	3.049	2.986	2.934	2.889	2.851	2.817	2.788	2.681	2.509	2.447	2.383	2.350
17	6.042	4.619	4.011	3.665	3.438	3.277	3.156	3.061	2.985	2.922	2.870	2.825	2.786	2.753	2.723	2.616	2.442	2.380	2.315	2.282
18	5.976	4.560	3.954	3.608	3.382	3.221	3.100	3.005	2.929	2.866	2.814	2.769	2.730	2.696	2.667	2.559	2.384	2.321	2.256	2.222
19	5.922	4.508	3.903	3.559	3.333	3.172	3.051	2.956	2.880	2.817	2.765	2.720	2.681	2.647	2.617	2.509	2.333	2.270	2.203	2.169
20	5.871	4.461	3.859	3.515	3.289	3.128	3.007	2.913	2.837	2.774	2.721	2.676	2.637	2.603	2.573	2.464	2.287	2.223	2.156	2.121
21	5.827	4.420	3.819	3.475	3.250	3.090	2.969	2.874	2.798	2.735	2.682	2.637	2.598	2.564	2.534	2.425	2.246	2.182	2.114	2.079
22	5.786	4.383	3.783	3.440	3.215	3.055	2.934	2.839	2.763	2.700	2.647	2.602	2.563	2.528	2.498	2.389	2.210	2.145	2.076	2.040
23	5.750	4.349	3.750	3.408	3.183	3.023	2.902	2.808	2.731	2.668	2.615	2.570	2.531	2.497	2.466	2.357	2.176	2.111	2.041	2.005
24	5.717	4.319	3.721	3.379	3.155	2.995	2.874	2.779	2.703	2.640	2.586	2.541	2.502	2.468	2.437	2.327	2.146	2.080	2.010	1.973
25	5.685	4.291	3.694	3.353	3.129	2.969	2.848	2.753	2.677	2.613	2.559	2.515	2.476	2.441	2.411	2.300	2.118	2.052	1.981	1.944
26	5.659	4.265	3.670	3.329	3.105	2.945	2.824	2.729	2.653	2.590	2.536	2.491	2.452	2.417	2.387	2.276	2.093	2.026	1.954	1.917
27	5.633	4.242	3.647	3.307	3.083	2.923	2.802	2.707	2.631	2.568	2.514	2.469	2.429	2.395	2.364	2.253	2.069	2.002	1.930	1.892
28	5.610	4.221	3.626	3.286	3.063	2.903	2.782	2.687	2.611	2.547	2.494	2.448	2.409	2.374	2.344	2.232	2.048	1.980	1.907	1.869
29	5.588	4.201	3.607	3.267	3.044	2.884	2.763	2.669	2.592	2.529	2.475	2.430	2.390	2.355	2.325	2.213	2.028	1.959	1.886	1.847
30	5.568	4.182	3.589	3.250	3.026	2.867	2.746	2.651	2.575	2.511	2.458	2.412	2.372	2.338	2.307	2.195	2.009	1.940	1.866	1.827
40	5.424	4.051	3.463	3.126	2.904	2.744	2.624	2.529	2.452	2.388	2.334	2.288	2.248	2.213	2.182	2.068	1.875	1.803	1.724	1.682
50	5.340	3.975	3.390	3.054	2.833	2.674	2.553	2.458	2.381	2.317	2.263	2.216	2.176	2.140	2.109	1.993	1.796	1.721	1.639	1.594
60	5.286	3.925	3.343	3.008	2.786	2.627	2.507	2.412	2.334	2.270	2.216	2.169	2.129	2.093	2.061	1.944	1.744	1.667	1.581	1.534
80	5.218	3.854	3.284	2.950	2.730	2.571	2.450	2.355	2.277	2.213	2.158	2.111	2.071	2.035	2.003	1.884	1.679	1.599	1.508	1.457
100	5.179	3.828	3.250	2.917	2.696	2.537	2.417	2.321	2.244	2.179	2.124	2.077	2.036	2.000	1.968	1.849	1.640	1.558	1.463	1.409
120	5.152	3.805	3.227	2.894	2.674	2.515	2.395	2.299	2.222	2.157	2.102	2.055	2.014	1.977	1.945	1.825	1.614	1.530	1.433	1.376
240	5.088	3.746	3.171	2.839	2.620	2.461	2.341	2.245	2.167	2.102	2.047	1.999	1.958	1.921	1.888	1.766	1.549	1.460	1.354	1.289

Fonte: www.famat.ufu.br

Tabela 18 – Distribuição *F* de Snedecor ao nível de 1% de probabilidade

V2	V1																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	40	60	120	240				
1	4052.2	4999.3	5403.5	5624.3	5764.0	5859.0	5929.3	5981.0	6022.4	6055.9	6083.4	6106.7	6125.8	6143.0	6157.0	6208.7	6286.4	6313.0	6339.5	6352.6				
2	98.502	99.000	99.164	99.251	99.302	99.331	99.357	99.375	99.390	99.397	99.408	99.419	99.422	99.426	99.433	99.448	99.477	99.484	99.491	99.495				
3	34.116	30.816	29.457	28.710	28.237	27.911	27.671	27.489	27.345	27.228	27.132	27.052	26.983	26.924	26.872	26.690	26.411	26.316	26.221	26.173				
4	21.198	18.000	16.694	15.977	15.522	15.207	14.976	14.799	14.659	14.546	14.452	14.374	14.306	14.249	14.198	14.019	13.745	13.652	13.558	13.511				
5	16.258	13.274	12.060	11.392	10.967	10.672	10.456	10.289	10.158	10.051	9.963	9.888	9.825	9.770	9.722	9.553	9.291	9.202	9.112	9.066				
6	13.745	10.925	9.780	9.148	8.746	8.466	8.260	8.102	7.976	7.874	7.790	7.718	7.657	7.605	7.559	7.396	7.143	7.057	6.969	6.925				
7	12.246	9.547	8.451	7.847	7.460	7.191	6.993	6.840	6.719	6.620	6.538	6.469	6.410	6.359	6.314	6.155	5.908	5.824	5.737	5.694				
8	11.259	8.649	7.591	7.006	6.632	6.371	6.178	6.029	5.911	5.814	5.734	5.667	5.609	5.559	5.515	5.359	5.116	5.032	4.946	4.903				
9	10.562	8.022	6.992	6.422	6.057	5.802	5.613	5.467	5.351	5.257	5.178	5.111	5.055	5.005	4.962	4.808	4.567	4.483	4.398	4.354				
10	10.044	7.559	6.552	5.994	5.636	5.386	5.200	5.057	4.942	4.849	4.772	4.706	4.650	4.601	4.558	4.405	4.165	4.082	3.996	3.953				
11	9.646	7.206	6.217	5.668	5.316	5.069	4.886	4.744	4.632	4.539	4.462	4.397	4.342	4.293	4.251	4.099	3.860	3.776	3.690	3.647				
12	9.330	6.927	5.953	5.412	5.064	4.821	4.640	4.499	4.388	4.296	4.220	4.155	4.100	4.052	4.010	3.858	3.619	3.535	3.449	3.405				
13	9.074	6.701	5.739	5.205	4.862	4.620	4.441	4.302	4.191	4.100	4.025	3.960	3.905	3.857	3.815	3.663	3.425	3.341	3.255	3.210				
14	8.862	6.515	5.564	5.035	4.695	4.456	4.278	4.140	4.030	3.939	3.864	3.800	3.745	3.698	3.656	3.505	3.268	3.181	3.094	3.050				
15	8.683	6.359	5.417	4.893	4.556	4.318	4.142	4.004	3.895	3.805	3.730	3.666	3.612	3.564	3.522	3.372	3.132	3.047	2.959	2.914				
16	8.531	6.226	5.292	4.773	4.437	4.202	4.026	3.880	3.780	3.691	3.616	3.553	3.498	3.451	3.409	3.259	3.018	2.933	2.845	2.799				
17	8.400	6.112	5.185	4.669	4.336	4.101	3.927	3.791	3.682	3.593	3.518	3.455	3.401	3.353	3.312	3.162	2.920	2.835	2.746	2.700				
18	8.285	6.013	5.092	4.579	4.248	4.015	3.841	3.705	3.597	3.508	3.434	3.371	3.316	3.269	3.227	3.077	2.835	2.749	2.660	2.613				
19	8.185	5.926	5.010	4.500	4.171	3.939	3.765	3.631	3.523	3.434	3.360	3.297	3.242	3.195	3.153	3.003	2.761	2.674	2.584	2.537				
20	8.096	5.849	4.938	4.431	4.103	3.871	3.699	3.564	3.457	3.368	3.294	3.231	3.177	3.130	3.088	2.938	2.695	2.608	2.517	2.470				
21	8.017	5.780	4.874	4.369	4.042	3.812	3.640	3.506	3.398	3.310	3.236	3.173	3.119	3.072	3.030	2.880	2.636	2.548	2.457	2.409				
22	7.945	5.719	4.817	4.313	3.988	3.758	3.587	3.453	3.346	3.258	3.184	3.121	3.067	3.019	2.978	2.827	2.583	2.495	2.403	2.355				
23	7.881	5.664	4.765	4.264	3.939	3.710	3.539	3.406	3.299	3.211	3.137	3.074	3.020	2.973	2.931	2.780	2.536	2.447	2.354	2.306				
24	7.823	5.614	4.718	4.218	3.895	3.667	3.496	3.363	3.256	3.168	3.094	3.032	2.977	2.930	2.889	2.738	2.492	2.403	2.310	2.261				
25	7.770	5.568	4.675	4.177	3.855	3.627	3.457	3.324	3.217	3.129	3.056	2.993	2.939	2.892	2.850	2.699	2.453	2.364	2.270	2.220				
26	7.721	5.526	4.637	4.140	3.818	3.591	3.421	3.288	3.182	3.094	3.021	2.958	2.904	2.857	2.815	2.664	2.417	2.327	2.233	2.183				
27	7.677	5.488	4.601	4.106	3.785	3.558	3.388	3.256	3.149	3.062	2.988	2.926	2.872	2.824	2.783	2.632	2.384	2.294	2.198	2.148				
28	7.636	5.453	4.568	4.074	3.754	3.528	3.358	3.226	3.120	3.032	2.959	2.896	2.842	2.795	2.753	2.602	2.354	2.263	2.167	2.117				
29	7.598	5.420	4.538	4.045	3.725	3.499	3.330	3.198	3.092	3.005	2.931	2.868	2.814	2.767	2.726	2.574	2.325	2.234	2.138	2.087				
30	7.562	5.390	4.510	4.018	3.699	3.473	3.305	3.173	3.067	2.979	2.906	2.843	2.789	2.742	2.700	2.549	2.299	2.208	2.111	2.060				
40	7.314	5.178	4.313	3.828	3.514	3.291	3.124	2.993	2.888	2.801	2.727	2.665	2.611	2.563	2.522	2.369	2.114	2.019	1.917	1.862				
50	7.171	5.057	4.199	3.720	3.408	3.186	3.020	2.890	2.785	2.698	2.625	2.563	2.508	2.461	2.419	2.265	2.007	1.909	1.803	1.745				
60	7.077	4.977	4.126	3.649	3.339	3.119	2.953	2.823	2.718	2.632	2.559	2.496	2.442	2.394	2.352	2.198	1.936	1.836	1.726	1.666				
80	6.963	4.881	4.036	3.563	3.255	3.036	2.871	2.742	2.637	2.551	2.478	2.415	2.361	2.313	2.271	2.115	1.849	1.746	1.630	1.566				
100	6.895	4.824	3.984	3.513	3.206	2.988	2.823	2.694	2.590	2.503	2.430	2.368	2.313	2.265	2.223	2.067	1.797	1.692	1.572	1.504				
120	6.851	4.787	3.949	3.480	3.174	2.956	2.792	2.663	2.559	2.472	2.399	2.336	2.282	2.234	2.191	2.035	1.763	1.656	1.533	1.462				
240	6.742	4.695	3.854	3.386	3.084	2.878	2.714	2.586	2.482	2.395	2.322	2.260	2.205	2.157	2.114	1.956	1.677	1.565	1.432	1.351				

Fonte: www.famat.ufu.br

Tabela 19 – Distribuição F de Snedecor ao nível de 0,5% de probabilidade

GL	V1																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	40	60	120	240
1	16212	19997	21614	22501	23056	23440	23715	23924	24091	24222	24334	24427	24505	24572	24632	24837	25146	25254	25358	25414
2	198.5	199.0	199.2	199.3	199.3	199.4	199.4	199.4	199.4	199.4	199.4	199.4	199.4	199.4	199.4	199.4	199.5	199.5	199.5	199.5
3	55.552	49.800	47.468	46.195	45.391	44.838	44.434	44.125	43.881	43.685	43.525	43.387	43.270	43.172	43.085	42.779	42.310	42.150	41.990	41.910
4	31.332	26.284	24.260	23.154	22.456	21.975	21.622	21.352	21.138	20.967	20.824	20.705	20.603	20.515	20.438	20.167	19.751	19.611	19.469	19.397
5	22.785	18.314	16.530	15.556	14.939	14.513	14.200	13.961	13.772	13.618	13.491	13.385	13.293	13.215	13.146	12.903	12.530	12.402	12.274	12.209
6	18.635	14.544	12.917	12.028	11.464	11.073	10.786	10.566	10.391	10.250	10.133	10.034	9.950	9.878	9.814	9.589	9.241	9.122	9.001	8.941
7	16.235	12.404	10.883	10.050	9.522	9.155	8.885	8.678	8.514	8.380	8.270	8.176	8.097	8.028	7.968	7.754	7.422	7.309	7.193	7.135
8	14.688	11.043	9.597	8.805	8.302	7.952	7.694	7.496	7.339	7.211	7.105	7.015	6.938	6.872	6.814	6.608	6.288	6.177	6.065	6.008
9	13.614	10.107	8.717	7.956	7.471	7.134	6.885	6.693	6.541	6.417	6.314	6.227	6.153	6.089	6.032	5.832	5.519	5.410	5.300	5.244
10	12.827	9.427	8.081	7.343	6.872	6.545	6.303	6.116	5.968	5.847	5.746	5.661	5.589	5.526	5.471	5.274	4.966	4.859	4.750	4.695
11	12.226	8.912	7.600	6.881	6.422	6.102	5.865	5.682	5.537	5.418	5.320	5.236	5.165	5.103	5.049	4.855	4.551	4.445	4.337	4.281
12	11.754	8.510	7.226	6.521	6.071	5.757	5.524	5.345	5.202	5.085	4.988	4.906	4.836	4.775	4.721	4.530	4.228	4.123	4.015	3.960
13	11.374	8.186	6.926	6.233	5.791	5.482	5.253	5.076	4.935	4.820	4.724	4.643	4.573	4.513	4.460	4.270	3.970	3.866	3.758	3.703
14	11.060	7.922	6.680	5.998	5.562	5.257	5.031	4.857	4.717	4.603	4.508	4.428	4.359	4.299	4.247	4.059	3.760	3.655	3.547	3.492
15	10.798	7.701	6.476	5.803	5.372	5.071	4.847	4.674	4.536	4.424	4.329	4.250	4.181	4.122	4.070	3.883	3.585	3.480	3.372	3.317
16	10.576	7.514	6.303	5.638	5.212	4.913	4.692	4.521	4.384	4.272	4.179	4.099	4.031	3.972	3.920	3.734	3.437	3.332	3.224	3.168
17	10.384	7.354	6.156	5.497	5.075	4.779	4.559	4.389	4.254	4.142	4.050	3.971	3.903	3.844	3.793	3.607	3.311	3.206	3.097	3.041
18	10.218	7.215	6.028	5.375	4.956	4.663	4.445	4.276	4.141	4.030	3.938	3.860	3.793	3.734	3.683	3.498	3.201	3.096	2.987	2.931
19	10.073	7.093	5.916	5.268	4.853	4.561	4.345	4.177	4.043	3.933	3.841	3.763	3.696	3.638	3.587	3.402	3.106	3.000	2.891	2.834
20	9.944	6.987	5.818	5.174	4.762	4.472	4.257	4.090	3.956	3.847	3.756	3.678	3.611	3.553	3.502	3.318	3.022	2.916	2.806	2.749
21	9.829	6.891	5.730	5.091	4.681	4.393	4.179	4.013	3.880	3.771	3.680	3.602	3.536	3.478	3.427	3.243	2.947	2.841	2.730	2.673
22	9.727	6.806	5.652	5.017	4.609	4.322	4.109	3.944	3.812	3.703	3.612	3.535	3.469	3.411	3.360	3.176	2.880	2.774	2.663	2.605
23	9.635	6.730	5.582	4.950	4.544	4.259	4.047	3.882	3.750	3.642	3.551	3.474	3.408	3.351	3.300	3.116	2.820	2.713	2.602	2.543
24	9.551	6.661	5.519	4.890	4.486	4.202	3.991	3.826	3.695	3.587	3.497	3.420	3.354	3.296	3.246	3.062	2.765	2.658	2.546	2.488
25	9.475	6.598	5.462	4.835	4.433	4.150	3.939	3.776	3.645	3.537	3.447	3.370	3.304	3.247	3.196	3.013	2.716	2.609	2.496	2.437
26	9.406	6.541	5.409	4.785	4.384	4.103	3.893	3.730	3.599	3.492	3.402	3.325	3.259	3.202	3.151	2.968	2.671	2.563	2.450	2.391
27	9.342	6.489	5.361	4.740	4.340	4.059	3.850	3.687	3.557	3.450	3.360	3.284	3.218	3.161	3.110	2.927	2.630	2.522	2.408	2.348
28	9.284	6.440	5.317	4.698	4.300	4.020	3.811	3.649	3.519	3.412	3.322	3.246	3.180	3.123	3.073	2.890	2.592	2.483	2.369	2.309
29	9.230	6.396	5.276	4.659	4.262	3.983	3.775	3.613	3.483	3.376	3.287	3.211	3.145	3.088	3.038	2.855	2.557	2.448	2.333	2.273
30	9.180	6.355	5.239	4.623	4.228	3.949	3.742	3.580	3.451	3.344	3.255	3.179	3.113	3.056	3.006	2.823	2.524	2.415	2.300	2.239
40	8.828	6.066	4.976	4.374	3.986	3.713	3.509	3.350	3.222	3.117	3.028	2.953	2.888	2.831	2.781	2.598	2.296	2.184	2.064	1.999
50	8.626	5.902	4.826	4.232	3.849	3.579	3.376	3.219	3.092	2.988	2.900	2.825	2.760	2.703	2.653	2.470	2.164	2.050	1.925	1.858
60	8.495	5.795	4.729	4.140	3.760	3.492	3.291	3.134	3.008	2.904	2.817	2.742	2.677	2.620	2.570	2.387	2.079	1.962	1.834	1.764
80	8.335	5.665	4.611	4.028	3.652	3.387	3.188	3.032	2.907	2.803	2.716	2.641	2.577	2.520	2.470	2.286	1.974	1.854	1.720	1.646
100	8.241	5.589	4.542	3.963	3.589	3.325	3.127	2.972	2.847	2.744	2.657	2.583	2.518	2.461	2.411	2.227	1.912	1.790	1.652	1.573
120	8.179	5.539	4.497	3.921	3.548	3.285	3.087	2.933	2.808	2.705	2.618	2.544	2.479	2.423	2.373	2.188	1.871	1.747	1.606	1.524
240	8.027	5.417	4.387	3.816	3.447	3.187	2.991	2.837	2.713	2.610	2.524	2.450	2.385	2.329	2.278	2.093	1.770	1.640	1.488	1.396

Fonte: www.famat.ufu.br

Tabela 20 – Coeficientes dos polinômios ortogonais para $n = 3$

X_j	$n = 3$	
	P_1	P_2
1	-1	1
2	0	-2
3	1	1
$\sum_{j=1}^n \{P_i(X_j)\}^2$	2	6
λ	1	3

Fonte: adaptada de Montgomery (1984)