

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

Parecer

Este exemplar corresponde a redação final da
tese defendida por Maria Helena Damásio
e aprovada pela Comissão julgadora em 21.05.90.
Campinas, 21 de maio de 1990.

M. Chaib Moraes

MEDIDA DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E DA TEXTURA
DE GÉIS MISTOS DE K-CARRAGENATO-GOMA GARROFIM-
-GOMA GUAR. INFLUÊNCIA DA COMPOSIÇÃO E RELAÇÃO
ENTRE OS DADOS INSTRUMENTAIS E SENSORIAIS

Maria Helena Damásio
Engenheira de Alimentos

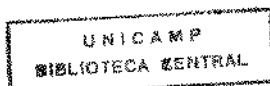
09/90

Dr.^a Maria Amélia Chaib Moraes
Orientadora

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos
da Universidade Estadual de Campinas, para a obtenção
do Título de Doutor em Tecnologia de Alimentos.

1990

Campinas, SP, Brasil



BANCA EXAMINADORA

Maria Amélia Chaib de Moraes

Prof.^a Dr.^a Maria Amélia Chaib de Moraes
(orientadora)

Morris W. Montgomery

Prof. Dr. Morris William Montgomery
(membro)

Carlos Alberto Gasparetto

Prof. Dr. Carlos Alberto Gasparetto
(membro)

José Benício P. Chaves

Prof. Dr. José Benício P. Chaves
(membro)

Sonia Dedeca S. Campos

Dr.^a Sonia Dedeca S. Campos
(membro)

Suplente

Prof. Dr. Salvador Massager Roig
(membro)

Suplente

Dr.^a Vera Lúcia Pupo Ferreira
(membro)

Campinas, 21 de maio de 1990.

À minha irmã Vera, pelo incentivo,
carinho e apoio nas horas que mais
necessitei,

dedico.

AGRADECIMENTOS

À Prof.^a Dr.^a Maria Amélia Chaib Moraes, pela dedicada orientação e apoio durante a realização de toda a Tese.

À Dr.^a Elvira Costell, pela co-orientação do trabalho realizado na Espanha e o estímulo e a amizade demonstrada.

Ao Dr. Luís Durán pelas valiosas sugestões e colaboração.

Ao Dr. Luís Izquierdo pelo auxílio na análise estatística dos resultados.

À Dr.^a Susana Fiszman pelas sugestões e auxílio nas análises.

Aos colegas do Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (IATA), Valencia - Espanha, pela compreensão e carinho, em especial a Elvira Carbonell, Pilar Lázaro, Carlos Calvo, Manoel Cabañez, José Safón, Angel Albarruiz, Ana Gomez, Nelsa Carmody e Alfonso Trenor pela participação na equipe de provadores.

Ao Ignácio Igual pelo auxílio na confecção das figuras.

Ao IATA, onde estive realizando a Tese por 21 meses.

À FEA por possibilitar o desenvolvimento deste trabalho.

À CAPES, pela bolsa concedida.

À ABIA, pelo auxílio na impressão da Tese.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

ÍNDICE

	Página
RESUMO.....	i
SUMMARY.....	iii
NOMENCLATURA.....	v
I. INTRODUÇÃO.....	01
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	05
II.1. ANÁLISE SENSORIAL DA TEXTURA DE ALIMENTOS.....	05
II.1.1. Definição e Medida da Textura.....	05
II.1.2. Perfil de Textura.....	13
II.1.2.1. Procedimento do perfil de textura...	14
II.1.2.2. Modificações do perfil de textura...	19
II.1.3. Avaliação Não Oral da Textura.....	22
II.1.4. Criação e Seleção de Atributos.....	27
II.1.4.1. Métodos de criação de atributos.....	28
II.1.4.1.1. Discussão aberta com moderador...	28
II.1.4.1.2. Método rede.....	29
II.1.4.1.3. Método da associação controlada.....	30
II.1.4.1.4. Método da lista prévia.....	31
II.1.4.2. Seleção de descritores.....	31
II.1.4.3. Seleção de discriminadores.....	32
II.1.5. Seleção de Provadores para Avaliações Multiescalares.....	36
II.2. MEDIDAS DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS.....	42
II.2.1. Tipos de Testes.....	42
II.2.1.1. Fundamentais.....	43
II.2.1.2. Empíricos.....	43

II.2.1.3. Imitativos.....	44
II.2.2. Tipos de Instrumentos.....	45
II.2.2.1. Instrumentos individuais.....	45
II.2.2.1.1. Penetrômetros.....	45
II.2.2.1.2. Compressímetros.....	46
II.2.2.1.3. Instrumentos de cisalhamento..	47
II.2.2.1.4. Instrumentos de corte.....	47
II.2.2.1.5. Masticômetros.....	48
II.2.2.1.6. Consistômetros.....	48
II.2.2.1.7. Instrumentos de extrusão.....	49
II.2.2.1.8. Diversos.....	49
II.2.2.2. Instrumentos múltiplos.....	50
II.2.2.2.1. Interpretação de curvas.....	54
II.2.2.2.1.1. Medidas de resistência à compressão.....	54
II.2.2.2.1.2. Medidas de resistência à penetração.....	64
II.2.2.2.1.3. Medidas de resistência ao corte.....	69
III. MATERIAL E MÉTODOS.....	74
III.1. MATERIAL.....	74
III.1.1. Matéria Prima.....	74
III.1.2. Fabricação dos Géis.....	74
III.1.3. Instrumentos.....	75
III.1.3.1. Texturômetro Stevens LFRA.....	75
III.1.3.2. Instron Universal Testing Machine (UTM).....	80

	Página
III.2. MÉTODOS.....	83
III.2.1. Métodos Instrumentais.....	83
III.2.1.1. Medidas de resistência à penetração	83
III.2.1.2. Medidas de resistência ao corte...	88
III.2.1.3. Medidas de resistência à compressão.....	92
III.2.2. Métodos Sensoriais.....	97
III.2.2.1. Criação de atributos.....	98
III.2.2.2. Seleção de atributos e provadores	99
III.2.2.3. Medida da textura.....	102
III.2.3. Análise Estatística.....	102
IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	105
IV.1. COMPORTAMENTO MECÂNICO DE GÊIS MISTOS DE K- -CARRAGENATO - GOMA GUAR E GOMA GARROFIM. IN- FLUÊNCIA DA COMPOSIÇÃO.....	105
IV.1.1. Medida do Comportamento Mecânico. Compa- ração de Métodos e Seleção de Parâmetros..	106
IV.1.1.1. Análise comparativa da precisão....	106
IV.1.1.1.1. Ensaio de resistência à pene- tração.....	106
IV.1.1.1.2. Ensaio de resistência ao corte.	108
IV.1.1.1.3. Ensaio de resistência à compressão.	112
IV.1.1.2. Análise da relação entre as caracte- rísticas mecânicas. Seleção de parâ- metros.....	122
IV.1.2. Influência da Composição no Comportamen- to Mecânico.....	128
IV.1.2.1. Influência dos fatores de composi- ção no comportamento mecânico global	128

IV.1.2.2. Influência dos fatores de composição nas distintas características mecânicas.....	135
IV.1.2.3. Evolução das características mecânicas com a composição.....	139
IV.1.2.3.1. Elasticidade.....	139
IV.1.2.3.2. Força de patamar (F_{patamar})...	142
IV.1.2.3.3. Coesividade.....	142
IV.1.2.3.4. Força de penetração com cone (F_{cone})	146
IV.1.2.3.5. Módulos de elasticidade (E_1 e E_2)	148
IV.1.2.3.6. Força máxima ($F_{\text{máx}}$).....	151
IV.1.2.3.7. Deformação.....	154
IV.2. MEDIDA SENSORIAL DA TEXTURA.....	158
IV.2.1. Seleção de Atributos e de Provadores...	158
IV.2.1.1. Criação e definição de atributos descritores.....	158
IV.2.1.2. Seleção de atributos discriminadores.	168
IV.2.1.3. Seleção de provadores.....	184
IV.2.2. Variação da Textura Não Oral dos Géis com a Composição.....	197
IV.2.2.1. Avaliação sensorial da textura não oral.....	197
IV.2.2.2. Influência dos fatores de composição dos géis na textura não oral...	203
IV.2.2.3. Influência dos fatores de composição em cada atributo de textura não oral.....	213

IV.2.2.4. Evolução dos atributos sensoriais com a composição dos géis.....	217
IV.3. CORRELAÇÃO ENTRE AS MEDIDAS DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E SENSORIAIS DA TEXTURA DOS GÉIS MISTOS DE K-CARRAGENATO - GOMA GARROFIM E GO- MA GUAR.....	227
IV.3.1. Variação das Propriedades Mecânicas e da Textura Não Oral dos Géis por Análise de Escala Multidimensional.....	227
IV.3.2. Relação Entre as Propriedades Mecânicas e os Distintos Atributos Sensoriais de Textura Não Oral.....	238
V. CONCLUSÕES.....	245
VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	251

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
II.1. Classificação das características de textura.....	09
II.2. Procedimento para avaliação de textura.....	15
II.3. Termos utilizados para o perfil de textura sensorial de géis.....	18
II.4. Perfil de textura modificado.....	20
II.5. Curva típica de perfil de textura obtida com o Instron UTM em peras.....	55
II.6. Curva força-distância para compressão de uma maçã inteira com o Instron UTM.....	56
II.7. Curva generalizada de força-deformação para compressão.....	58
II.8. Representação esquemática de cinco diferentes tipos de curvas força-distância que são obtidas por testes de penetração.....	65
II.9. Registro típico obtido com o instrumento de corte Cherry-Burrell em testes de gel de leite.....	71
II.10. Registro típico obtido com o instrumento de corte Cherry-Burrell em testes de pudim.....	72
III.1. Texturômetro Steven LFRA e registrador das curvas força-distância.....	77

III.2. Esquema do Stevens LFRA e suas especificações...	79
III.3. Instron UTM e microcomputador.....	81
III.4. Esquema do Instron UTM e suas especificações....	82
III.5. Dispositivos utilizados nos ensaios de resistên- cia à penetração. (a) cilindro; (b) cone.....	84
III.6. Amostras dos ensaios de penetração.....	86
III.7. Curvas típicas de força-distância e parâmetros registrados para os testes de resistência à pene- tração. (a) cilindro; (b) cone.....	87
III.8. Dispositivos utilizados nos ensaios de resistên- cia ao corte. (a) fio; (b) lâmina.....	89
III.9. Amostras dos ensaios de corte.....	90
III.10. Curvas típicas de força-distância e parâmetros registrados para os testes de resistência ao cor- te. (a) fio; (b) lâmina.....	91
III.11. Dispositivo utilizado nas medidas de resistência à compressão.....	93
III.12. Obtenção dos cilindros para os ensaios de resis- tência à compressão.....	95
III.13. Curva típica de força-distância e parâmetros re- gistrados para os testes de resistência à com- pressão.....	96

III.14. Fichas utilizadas para o método rede. (a) Instruções; (b) Resultados.....	100
IV.1. Exemplos de curvas experimentais obtidas nos ensaios de resistência à penetração com cilindro..	107
IV.2. Histograma de freqüências dos valores de coeficientes de variação dos parâmetros de resistência à penetração com cilindro e com cone.....	111
IV.3. Exemplos de curvas experimentais obtidas nos ensaios de resistência ao corte com lâmina.....	113
IV.4. Histograma de freqüências dos valores de coeficientes de variação dos parâmetros de resistência ao corte. (a) com fio; (b) com lâmina.....	116
IV.5. Histograma de freqüências dos valores de coeficientes de variação dos parâmetros de resistência à compressão.....	120
IV.6. Dendrograma obtido com a análise de agrupamento para as características mecânicas.....	125
IV.7. Representação canônica com relação à primeira variável das populações com goma garrofin e com a mistura de goma garrofin + guar.....	130
IV.8. Representação canônica com relação às duas primeiras variáveis das populações com distintas porcentagens de substituição por goma.....	131

IV.9. Representação canônica com relação às duas primeiras variáveis das populações com distintas porcentagens de substituição de goma garrofin e de mistura de gomas.....	133
IV.10. Evolução dos valores obtidos para elasticidade, medida por penetração com cilindro.....	140
IV.11. Evolução dos valores obtidos para F_{patamar} , medida por corte com lâmina.....	143
IV.12. Evolução dos valores obtidos para coesividade, medida por corte com lâmina.....	144
IV.13. Evolução dos valores obtidos para F_{cone} , medida por penetração com cone.....	147
IV.14. Evolução dos valores obtidos para módulo de elasticidade E_1 (entre 10 e 20% de compressão).....	149
IV.15. Evolução dos valores obtidos para módulo de elasticidade E_2 (entre 20 e 30% de compressão).....	150
IV.16. Evolução dos valores obtidos para $F_{\text{máx}}$, medida por compressão.....	152
IV.17. Evolução dos valores obtidos para deformação até a ruptura, medida por compressão.....	155
IV.18. Definição dos descritores de textura não oral de géis.....	162
IV.19. Fichas para a análise da textura não oral de géis. (a) 1ª etapa; (b) 2ª etapa; (c) 3ª etapa; (d) 4ª etapa....	163

IV.20. Representação canônica considerando 20 parâmetros, com relação às duas primeiras variáveis das populações de amostras.....	171
IV.21. Representação canônica considerando 20 parâmetros, com relação às três primeiras variáveis das populações de 12 provadores.....	172
IV.22. Representação canônica considerando 20 parâmetros, com relação às duas primeiras variáveis das populações de quatro sessões.....	173
IV.23. Curvas de porcentagem de classificação correta por passos da análise discriminante.....	182
IV.24. Ficha definitiva para análise da textura não oral de géis.....	183
IV.25. Histograma de valores de F_{amostras} das análises de variância para cada parâmetro, para três provadores.....	190
IV.26. Representação canônica considerando dez parâmetros, com relação às duas primeiras variáveis das populações de amostras.....	191
IV.27. Representação canônica considerando dez parâmetros, com relação às duas primeiras variáveis das populações de quatro sessões.....	192
IV.28. Representação canônica considerando dez parâmetros, com relação às três primeiras variáveis das populações de 11 provadores.....	193

IV.29. Histograma de valores médios de desvio padrão ob- tidos para as amostras, com relação a cada parâ- metro de textura não oral.....	201
IV.30. Histograma de valores médios de desvio padrão das médias obtidas para os vários parâmetros de tex- tura não oral, com relação a cada amostra.....	202
IV.31. Representação canônica com relação à primeira variável das populações com goma garrofin e com a mistura de goma garrofin + guar.....	206
IV.32. Representação canônica com relação às duas pri- meiras variáveis das populações com distintas porcentagens de substituição de goma.....	208
IV.33. Representação canônica com relação às três pri- meiras variáveis das populações de sete provado- res.....	209
IV.34. Representação canônica com relação às duas pri- meiras variáveis das populações com distintas porcentagens de substituição de goma garrofin e de mistura de gomas.....	211
IV.35. Evolução dos valores obtidos para os atributos sensoriais tipo de ruptura, tipo de corte e su- perfície da zona cortada.....	219
IV.36. Evolução dos valores obtidos para os atributos sensoriais elasticidade e deformabilidade.....	221

IV.37. Evolução dos valores obtidos para os atributos sensoriais. (a) deformação antes de romper, firmeza e resistência à ruptura; (b) resistência <u>in</u> icial ao corte e deformação antes de cortar.....	223
IV.38. Representação das diferenças, em função das duas primeiras coordenadas obtidas por MDS, entre o comportamento mecânico de géis.....	232
IV.39. Representação das diferenças, em função das duas primeiras coordenadas obtidas por MDS, entre as características de textura não oral de géis.....	235

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
II.1. Análise sensorial de textura não oral de géis...	23
III.1. Composição das amostras de géis de k-carragenato com as diversas substituições de goma garrofin e da mistura de goma garrofin e goma guar.....	76
IV.1. Valores de parâmetros de resistência à penetração e seus respectivos coeficientes de variação para géis de concentração total. (a) 0,5%; (b) 0,75%.....	109
IV.2. Valores de parâmetros de resistência ao corte e seus respectivos coeficientes de variação para géis de concentração total. (a) 0,5%; (b) 0,75%.	114
IV.3. Valores de parâmetros de resistência à compressão e seus respectivos coeficientes de variação para géis de concentração total. (a) 0,5%; (b) 0,75%.....	118
IV.4. Matriz de coeficientes de correlação entre os 18 parâmetros mecânicos obtidos com os ensaios realizados.....	123
IV.5. Sub-grupos de características mecânicas obtidos com a análise de agrupamento	126
IV.6. Valores de F da análise de variância de dois fatores de cada parâmetro mecânico e diferença mínima significativa (DMS) para géis com 0,5% de concentração total de hidrocolóides.....	137

IV.7. Valores de F da análise de variância de dois fatores de cada parâmetro mecânico e diferenças mínimas significativas (DMS) para géis com 0,75% de concentração total de hidrocolóides.....	138
IV.8. Descritores criados pelo método rede para textura não oral de géis de k-carragenato e gomas garrofin e guar.....	160
IV.9. Lista de 20 descritores inicialmente selecionados para definição da textura não oral de géis de k-carragenato com goma garrofin e guar.....	161
IV.10. Matriz de coeficientes de correlação entre os 20 parâmetros sensoriais.....	169
IV.11. Valores de F da análise de variância de cada atributo sensorial em função de amostra, sessão e provador.....	175
IV.12. Resultados da análise discriminantes por passos dos 20 parâmetros sensoriais.....	177
IV.13. Matriz de coeficientes de correlação canônica entre os grupos de parâmetros de cada etapa.....	178
IV.14. Resultados da análise discriminante por passos de 15 parâmetros sensoriais (excluindo a etapa de corte com faca).....	180
IV.15. Resultados da análise discriminante por passos de 15 parâmetros sensoriais (excluindo a etapa de corte com colher).....	181

IV.16. Valores de $F_{\text{sessões}}$ de análise de variância de dois fatores para cada provador, por parâmetro..	185
IV.17. Valores de F_{amostras} de análise de variância de dois fatores para cada provador, por parâmetro..	186
IV.18. Número de parâmetros em que F_{amostras} foi significativo.....	188
IV.19. Valores de distância entre cada provador e o <u>cen</u> tro da equipe.....	196
IV.20. Valores de parâmetros de textura não oral para géis de concentração total de hidrocolóides de 0,5%.....	198
IV.21. Valores de parâmetros de textura não oral para géis de concentração total de hidrocolóides de 0,75%.....	199
IV.22. Matriz de coeficientes de correlação entre os dez parâmetros de textura não oral, para géis de <u>con</u> centração total de hidrocolóides de 0,5%.....	204
IV.23. Matriz de coeficientes de correlação entre os dez parâmetros de textura não oral, para géis de <u>con</u> centração total de hidrocolóides de 0,75%.....	205
IV.24. Valores de F da análise de variância de cada <u>atri</u> buto de textura não oral e de diferenças mínimas significativas (DMS) para géis com 0,5% de <u>con</u> centração total de hidrocolóides.....	214

IV.25. Valores de F da análise de variância de cada atributo de textura não oral e de diferenças mínimas significativas (DMS) para géis com 0,75% de concentração total de hidrocolóides.....	215
IV.26. Valores de parâmetros mecânicos selecionados....	229
IV.27. Matriz de distâncias entre as amostras de géis de hidrocolóides com relação ao comportamento mecânico.....	230
IV.28. Matriz de distâncias entre as amostras de géis de hidrocolóides com relação à textura não oral.	231
IV.29. Equações obtidas no estudo de regressão múltipla para cada parâmetro sensorial em função dos parâmetros mecânicos.....	239
IV.30. Matriz de coeficientes de correlação entre os dez parâmetros sensoriais e os oito parâmetros mecânicos.....	241
IV.31. Equações obtidas no estudo de regressão simples para cada parâmetro sensorial em função de um parâmetro mecânico.....	242

RESUMO

Foram estudadas propriedades mecânicas e sensoriais da textura de géis mistos de k-carragenato + goma garrofin e k-carragenato + goma garrofin + goma guar, a dois níveis de concentração total (0,5 e 0,75%) e com proporções de goma variando entre 0 e 70% do total de hidrocolóides. Foram determinados os critérios e a dependência dos parâmetros de comportamento para diferentes composições e foi também realizada uma comparação entre as propriedades mecânicas e sensoriais.

Os ensaios mecânicos utilizados foram: resistência à penetração com cilindro e cone; resistência ao corte com fio e lâmina e resistência à compressão. Mediante a análise de agrupamento ("cluster analysis") foram selecionados oito parâmetros, que forneceram informações mais representativas do comportamento do gel: elasticidade; força de penetração com cone; força de patamar; coesividade; força máxima; deformação; módulos de elasticidade E_1 e E_2 .

Para determinar a influência da composição dos géis no comportamento mecânico, utilizou-se análise de variância multivariada (MANOVA) e análise de variância (ANOVA), verificando-se que existe efeito significativo ($p < 0,05$) do tipo e porcentagem de goma. Para a maioria dos parâmetros (exceto a elasticidade), as amostras a 0,75% de concentração total apresentaram valores mais altos que as amostras a 0,5% e as com goma garrofin mais altos do que aquelas com goma garrofin + guar. O aumento da porcentagem de goma levou a um aumento nos valores das medidas, observando-se, em certos casos, uma posterior diminuição.

A avaliação sensorial da textura compreendeu quatro etapas: (1ª) compressão da amostra com os dedos sem romper; (2ª)

ruptura com os dedos; (3ª) corte com faca e (4ª) corte com colher. Utilizando-se o método rede ("grid"), foram criados 80 atributos que foram reduzidos a 20. Destes 20 atributos, com a aplicação da análise discriminante por passos ("stepwise discriminant analysis"), foram selecionados os que mais discriminavam as amostras: elasticidade, deformabilidade; deformação antes de romper; firmeza; resistência à ruptura; tipo de ruptura; resistência inicial ao corte; deformação antes de cortar; tipo de corte e superfície da zona cortada. Para a seleção dos provadores foram realizadas ANOVAs para cada provador e uma MANOVA, incluindo todos os provadores, chegando-se assim a uma equipe de oito provadores.

No estudo da influência da composição na textura não oral dos géis, os resultados da MANOVA indicaram que existe efeito significativo ($p < 0,05$) do tipo e porcentagem de goma. Isto foi também verificado nos resultados das ANOVAs para a maioria dos atributos, sendo a influência do tipo e porcentagem de goma similar àquela observada com os parâmetros mecânicos.

A comparação entre as propriedades mecânicas e sensoriais foi feita utilizando a análise de escalas multidimensionais ("multidimensional scaling analysis" - MDS), resultando num alto coeficiente de correlação ($r = 0,7956$) entre os dois conjuntos, indicando que, globalmente, os parâmetros mecânicos selecionados podem predizer de maneira satisfatória as variações de textura não oral dos géis analisados.

Para estimar cada atributo sensorial em função dos parâmetros mecânicos foi aplicada análise de regressão múltipla, obtendo-se equações com altos valores de coeficientes de determinação ($R^2 > 0,90$). Concluiu-se que, em muitos casos, é mais vantajoso usar equações com apenas um parâmetro mecânico, pois o ajuste conseguido não é muito inferior àquele obtido utilizando-se vários parâmetros.

SUMMARY

Mechanical and sensorial texture properties of mixed gels made with k-carrageenan + locust bean gum and k-carrageenan + locust bean gum + guar gum were studied. These gels had two overall concentrations (0.5 and 0.75%) and the gum content ranged from 0 to 70% of total hidrocolloids. For several of these compositions, criteria and parameter behaviour dependence were developed for comparison between mechanical and sensorial properties.

The mechanical tests utilized were: resistance to cylinder and cone penetration; resistance to wire and knife cutting and resistance to compression. By cluster analysis eight parameters were selected, which provided more representative information for the gel behaviour: elasticity; penetration cone force; plateau force; cohesivity; maximum force; deformation; elasticity moduli E_1 and E_2 .

To determine the influence of gel composition on the mechanical behaviour, multivariate analysis of variance (MANOVA) and analysis of variance (ANOVA) were used to test the effects of type and percentage of gums in the gels. For all parameters except elasticity, gel samples prepared with 0.75% hidrocolloid presented higher values than the gel samples prepared with 0.5%. Samples with locust bean gum presented higher values than those with locust bean gum + guar gum. The increase of percentage of gum in the gels resulted in an increase of measured values and in some cases, a maximum was reached, followed by a decrease.

The sensorial texture evaluation consisted of four steps:

(1) compressing the sample with the fingers without breaking; (2) breaking between the fingers; (3) cutting with a knife and (4) cutting with a spoon. By using the grid method, 80 attributes that were later reduced to 20, were created. From these 20 attributes, by applying stepwise discriminant analysis, were selected those that better discriminated the samples: springiness; deformability; deformation before rupture; firmness; resistance to rupture; type of rupture; initial resistance to cutting; deformation before cutting; type of cut and appearance of cut surface. ANOVAs were applied to select each judge and one MANOVA, including all judges, was used to select the panel of eight judges.

In the study of the influence of composition in the gels' non oral texture, the results of MANOVA indicated a significant effect ($p < 0.05$) of type of gum and percent gum. This was also verified in the results of ANOVAs for almost all attributes, having a similar influence of type and percent gum that was observed among the mechanical parameters.

The comparison between mechanical and sensorial properties was made by applying the multidimensional scaling analysis, resulting in a high correlation coefficient between both groups, indicating that, as a whole, the selected mechanical parameters can predict in a satisfactory manner the variations of the non oral texture of the gels analysed.

To estimate each sensory attribute in terms of mechanical parameters, multiple regression analysis was applied to obtain equations with high values of determination coefficient ($R^2 > 0.90$). It was concluded that, in many cases, it is more advantageous to use equations with only one mechanical parameter, because the adjustment obtained is not much lower than that obtained with several parameters.

NOMENCLATURA

	Unidade
A = área da secção transversal da amostra (p. 59)	mm ²
CV = coeficiente de variação	%
DMS = diferença mínima significativa	-
d _i = distância percorrida pelo dispositivo de deformação (i = 1 e 2)	mm
E = módulo de elasticidade de Young (p. 59)	N/mm ²
E ₁ = módulo de elasticidade, calculado entre 10 e 20% de deformação	N/mm ²
E ₂ = módulo de elasticidade, calculado entre 20 e 30% de deformação	N/mm ²
F = força. Parâmetro experimental	N
F = parâmetro estatístico da análise de variância	-
G = goma garrofim	-
GG = mistura de gomas garrofim + guar	-
h _i = forças determinadas nos experimentos (i = 1, 2, 3 e 4)	N
I = intensidade física (p. 12)	-
k = constante (p. 12)	-
L = altura inicial da amostra (p. 59)	mm
ΔL = deformação correspondente à força F (p. 59)	mm
n = constante (p. 12)	-
R ² = coeficiente de determinação da regressão múltipla	-
r = coeficiente de correlação	-
r ² = coeficiente de determinação da regressão simples	-
S = intensidade sensorial (p. 12)	-
s = desvio padrão	-
$\bar{x}$ = média	-

I - INTRODUÇÃO

Cada vez se faz mais necessário aproveitar ao máximo os recursos naturais conseguindo que os princípios nutritivos, que hoje se perdem, possam constituir a base de novos alimentos. Este é um dos desafios atuais da Ciência e da Tecnologia de Alimentos e uma resposta a este desafio é a criação de alimentos não convencionais, também chamados alimentos estruturados, alimentos fabricados ou análogo de alimentos, cujos componentes básicos (proteína, gordura e carboidratos) podem proceder de distintas fontes. Estes componentes adequadamente combinados com outros micronutrientes e com outros produtos que melhorem sua cor, sabor e textura podem dar lugar a alimentos de determinadas características químicas, físicas e nutritivas que os tornem atrativos ao consumidor.

O recente avanço dos estudos com sistemas gelificados é, de certa forma, devido à sua importância para a produção de alimentos fabricados (Tolstoguzov e Braudo, 1983). Um dos problemas ainda não resolvidos totalmente na elaboração destes produtos é a obtenção de uma determinada textura apropriada (Stanley, 1986), embora já seja evidente que uma possível resposta está na combinação adequada de distintos hidrocolóides (Glicksman, 1985).

Entre os hidrocolóides, o carragenato, que é um extrato de algas vermelhas, é um dos mais importantes agentes gelificantes, tanto em volume quanto em valor econômico (Pedersen, 1980). Sua maior aplicação é provavelmente como agente gelificante em produtos lácteos (Pedersen, 1974; Glicksman, 1985), e em produtos cárneos, por sua excelente estabilidade a altas temperaturas e facilidade de incorporação aos outros ingredientes (Pedersen, 1977).

Além disso, o carragenato também tem uma vasta utilização em diversos outros produtos, como por exemplo: sucedâneos de carne, sobremesas tipo gelatina ou geléias de baixo teor calórico (Glicksman, 1985).

As misturas de hidrocolóides permitem a produção de géis com características de textura que não podem ser obtidas quando se utiliza agentes gelificantes separadamente. Desta forma, podem ser obtidos géis de características de textura desejadas. Um dos defeitos de qualidade mais importantes que apresentam os géis de k-carragenato é a exudação de líquido ou sinerese. Uma solução de uso generalizado para este problema é a inclusão de gomas na formulação dos géis. Entre elas, a goma guar é altamente eficaz, porém parece influir negativamente no processo de gelificação (Baidón et alii, 1987).

A goma garrofin, embora de forma muito menos intensa, também atua evitando a sinerese e, por outro lado, em vários estudos foi verificado o efeito sinérgico da adição desta goma em géis de k-carragenato, obtendo-se géis menos quebradiços e com maior resistência à ruptura (Pedersen, 1974; Oakenfull, 1984; Fiszman, et alii, 1985 e 1987; Baidón et alii, 1987).

Assim, quando se utiliza uma combinação de hidrocolóides, a gelificação do sistema pode ser inibida ou aumentada e, a textura do gel resultante pode ser muito distinta da dos géis formados pelos componentes separados. Este fato amplia a gama de tipos de texturas que podem ser obtidas, o que contribui sobremaneira, para o desenvolvimento de novos produtos fabricados. No entanto, hoje, a maioria das misturas de hidrocolóides são de base empírica, porque existe pouca informação sobre a influência de pequenas variações de composição no comportamento mecânico e na textura do produto. A falta de informação é devido a textura não poder ser

definida de forma simples, pois é o resultado da combinação de vários aspectos.

A análise sensorial pode proporcionar uma descrição completa das propriedades de textura do alimento, e é a melhor forma de avaliar a textura de novos produtos nas primeiras etapas de desenvolvimento, principalmente de produtos fabricados. Como essa descrição é necessariamente verbal, a terminologia a utilizar assume um papel determinante na avaliação e existe a necessidade de definir para cada tipo de produto os atributos que o caracterizam (Civille e Szczesniak, 1973). Especificamente sobre alimentos gelificados existe pouca informação sobre a terminologia empregada, assim como sobre a metodologia a aplicar, que também é outro aspecto importante neste tipo de avaliação.

Uma parte de grande interesse na textura destes produtos é a não oral, pois o consumo de alimentos como geléias, gelatinas, pudins, pastas e queijos cremosos pressupõe uma manipulação prévia em que se manifestam suas características de deformação, extensibilidade, resistência ao corte, etc. Este aspecto tem sido estudado com maior ou menor profundidade com distinta metodologia (Cooper et alii, 1977; Daget e Collyer, 1984; Lundgren et alii, 1986; Muñoz et alii, 1986a, b), mas o que todos os trabalhos têm em comum é a utilização de termos selecionados de forma aleatória.

Nos estudos de comportamento mecânico de um produto, da mesma maneira que ocorre com a avaliação sensorial, deve-se definir, além do tipo de teste a aplicar, quais os parâmetros que devem ser medidos. Da variedade de ensaios realizados podem ser obtidos inúmeros parâmetros, que proporcionam diferentes informações. Entre estes parâmetros deve-se buscar os que mais se correlacionam com as medidas sensoriais, pois o objetivo final deste

tipo de estudo é predizer a textura do produto que, por definição, é uma característica sensorial.

Considerando o exposto anteriormente, esta Tese tem os seguintes objetivos:

1 - Estabelecer uma metodologia para medir o comportamento mecânico e a textura não oral de géis mistos de k-carragenato, goma garrofin e goma guar, definindo os parâmetros mecânicos e os atributos sensoriais que os caracterizam.

2 - Analisar a influência da variação de composição destes géis em seu comportamento mecânico e em sua textura não oral.

3 - Estudar a correlação entre os valores dos parâmetros reológicos que identificam seu comportamento e a textura não oral dos sistemas testados, para definir os métodos instrumentais aplicáveis à caracterização e ao controle da textura destes produtos.

Finalmente, outro objetivo deste estudo é desenvolver uma metodologia padrão de medida da textura que também possa ser aplicada à avaliação de outros tipos de produtos.

II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

II.1 - ANÁLISE SENSORIAL DA TEXTURA DE ALIMENTOS

II.1.1 - Definição e Medida da Textura

Muitas definições para o termo textura têm sido propostas e nas mais aceitas, a textura é definida claramente como um atributo sensorial. Isto foi expresso muito bem por Corey citado por Szczesniak (1975), dizendo que "textura... é... a interação das propriedades humanas com as propriedades mecânicas do material". Portanto, a única forma de medir textura diretamente é por meios sensoriais. Assim, a análise sensorial não só é imprescindível em pesquisa da natureza da textura e dos parâmetros que a integram, como também é o único método aplicável para resolver alguns dos problemas no controle de qualidade de alimentos (Costell e Durán, 1975). A avaliação sensorial oferece a oportunidade de obter uma análise completa das propriedades de textura do alimento. Os processos que ocorrem enquanto o alimento está sendo mastigado, tais como deformação, escoamento, mistura e hidratação com saliva e algumas mudanças de temperatura, tamanho, forma e rugosidade da superfície das partículas do alimento são registrados com grande sensibilidade pelos sentidos humanos, mas muitos deles são de difícil medida por métodos objetivos. Não há instrumento com a sofisticação, sensibilidade e gama de movimentos mecânicos como a boca ou que possa mudar prontamente a velocidade e o modo de mastigar em resposta a sensações recebidas durante a mastigação prévia. Portanto, o complexo de eventos que ocorre durante a mastigação não pode ser medido completamente por instru-

mentos. Análise sensorial é o melhor método para avaliar a textura de novos produtos nas primeiras etapas de desenvolvimento, principalmente de produtos fabricados. Em tecnologia de alimentos, sobretudo em controle de qualidade, nem sempre é necessária a descrição completa da textura de um produto - mas, muitas vezes, é suficiente determinar o atributo ou atributos que mais influem na sensação percebida sensorialmente. Na prática, quando ocorre este caso, o normal é desenvolver ou adaptar métodos físicos ou instrumentais que possam medir esse atributo de uma forma objetiva com maior precisão e rapidez do que comumente se obtém por métodos sensoriais. No entanto, toda medida objetiva deve ser calibrada com respeito às determinações sensoriais já que sua relação com elas condiciona a maior ou menor validade dos métodos objetivos para medir e/ou controlar um determinado atributo de textura. Abbott (1973) resume a importância dos métodos sensoriais de medida da textura, em relação a sua utilidade para a indústria de alimentos, em três objetivos: (1) para conhecer a importância relativa da textura na aceitabilidade do alimento - "se a textura deve ser medida"; (2) para determinar as características de textura que são importantes no alimento - "o que medir"; (3) para avaliar se um determinado teste objetivo é adequado para uma característica de textura - "como medir".

Esta situação explica o desenvolvimento que a metodologia analítica aplicável à medida da textura dos alimentos apresentou nas duas últimas décadas. Para isso, tem sido necessário dispor de um maior conhecimento do poder fisiológico pelo qual o homem percebe a textura; o desenvolvimento de uma terminologia normalizada e a consideração das distintas características dos métodos aplicáveis a cada caso.

As características de textura são percebidas principalmente pelo tato, embora os olhos e ouvidos possam dar informação de componentes importantes do perfil total de textura de um produto (Bourne, 1982). Ainda que a sensação de textura ocorra principalmente na boca ou nos lábios, é possível medi-la fora da boca, geralmente com os dedos e com as mãos. É uma prática comum manter os alimentos nas mãos ou apertá-los, e isto freqüentemente resulta num bom método de medida de qualidade de textura do alimento. O alimento pode ser apertado entre o indicador e o polegar ou entre dois, três ou quatro dedos e o polegar, ou mesmo com a palma das mãos. O indicador e o polegar são geralmente usados para pequenos objetos, enquanto a mão ou as duas mãos para os de maior tamanho. No teste de apertar, os dedos sentem a distância em que se movem ao aplicar a força no alimento, estando aptos a sentir pequenas distâncias com boa exatidão (Bourne, 1982). Assim, como as mandíbulas, os dedos também são mais sensíveis a baixas que a altas durezas (Brennan, 1984) e são praticamente insensíveis a dureza acima de certos níveis (Bourne, 1982).

Além da dificuldade acarretada pela diversidade dos modos de percepção sensorial da textura (visão, audição e tato nas mãos e na boca), uma das maiores dificuldades em sua avaliação é a terminologia empregada. Um ser humano normal está capacitado para reconhecer e avaliar a textura de um produto, mas as dificuldades surgem quando se deseja descrever as sensações experimentadas em termos qualitativos e quantitativos (Costell e Durán, 1975).

Um dos primeiros estudos neste campo foi de Szczesniak (1963) que, a partir de uma compilação de termos usados em terminologia popular de textura e das definições dos conceitos reológicos, desenvolveu um sistema organizado para a classificação

das características de textura (Figura II.1). O inconveniente desta classificação é, principalmente, que se tentou descrever com os mesmos termos tanto os parâmetros de textura avaliados sensorialmente como as características mecânicas e reológicas dos alimentos. Em alguns casos se utilizam termos em sensorial, como viscosidade e elasticidade, anteriormente definidos em reologia com significados distintos e, às vezes, opostos, o que provoca importantes confusões (Costell e Durán, 1975). Mais tarde, num dos artigos de uma série comemorativa dos dez anos do perfil de textura (Szczesniak, 1975), a própria autora desta classificação expõe seu ponto de vista. Segundo a pesquisadora, deve-se levar em conta que a classificação das características de textura "pôde servir como uma ponte entre os princípios reológicos fundamentais e a nomenclatura popular e prestou-se à pesquisa aplicada numa vasta variedade de produtos alimentícios", porém, reconhecendo o direito dos reólogos de salvaguardar a pureza da definição dos seus conceitos, "elasticidade" deve ser substituída por "propriedade de mola" ("springness").

Todos os métodos de avaliação sensorial podem ser utilizados para medida de textura, porém os mais aplicáveis do ponto de vista da pesquisa são os descritivos, com uma ou mais escalas, e ainda, o de perfil. Se possível, antes de selecionar um método, deve-se experimentar com uma equipe, em testes preliminares. Geralmente, uma seqüência de diferentes testes é mais eficiente que um só tipo de teste. Por exemplo, pode-se usar testes de diferença para estabelecer se amostras de vários tratamentos são diferentes e, depois, usar uma análise de perfil para descrever como estas amostras diferem e, então, com os parâmetros obtidos, aplicar testes de escala para comparação de rotina de várias amostras (Abbott, 1973).

Figura II.1 - Classificação das características de textura

CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS

Parâmetros Primários

Dureza

Coesividade

Viscosidade

Elasticidade

Adesividade

Parâmetros Secundários

Fragilidade

Mastigabilidade

Gomosidade

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

Tamanho e forma da partícula

Forma e orientação da partícula

OUTRAS CARACTERÍSTICAS

Parâmetros Primários

Conteúdo de umidade

Conteúdo de gordura

Parâmetros Secundários

Oleosidade

Gordurosidade

Fonte: Szczesniak (1963)

A organização do trabalho da equipe é similar a de outros testes, mas ao trabalhar com textura deve-se dar maior atenção aos seguintes pontos: tamanho e forma da amostra, preparação do alimento, temperatura em que é servido, umidade relativa do ar (principalmente para produtos higroscópicos), recipientes e utensílios utilizados. Para evitar a influência de outras características sensoriais sobre a percepção da textura, pode-se mascarar a aparência, vendando os olhos dos provadores ou usando luz colorida, e mascarar o sabor, adicionando sabores estranhos à amostra ou administrando-os aos provadores, como, por exemplo, solicitando-os a lavar a boca com solução de salmoura e beber licor de menta. Porém, em muitos casos estes procedimentos distraem o provador, diminuindo seu poder de discriminação. Geralmente um bom treinamento é a forma mais efetiva de minimizar estas influências (Brennan, 1984).

No entanto, a análise sensorial da textura apresenta algumas características próprias, principalmente com relação à terminologia utilizada para descrever os diferentes parâmetros e a necessária adaptação dos distintos testes que são utilizados. Provavelmente, as dificuldades quanto à terminologia limitam o uso de equipes de consumidores para avaliação de textura. Segundo Brennan (1984), os testes de preferência têm sido aplicados somente numa área específica de estudos, sendo mais comumente usados para a avaliação da qualidade global em que a textura pode ser um importante componente. Este autor relaciona alguns trabalhos em que se utilizou este tipo de teste, como, por exemplo, para avaliação de farinha de arroz e produtos para aperitivo ("snacks"). Segundo Szczesniak (1979a), o uso de escala hedônica para avaliar textura é totalmente inadequado, já que a textura apresenta inúmeros parâmetros e a técnica de perfil adaptada para teste de consumidor (Szczesniak, 1975) parece ser útil e viável.

vel. Equipes menores, constituídas de três a trinta provadores selecionados são largamente usadas em trabalhos de textura. O critério de seleção e o grau e tipo de treinamento em terminologia e técnicas de avaliação sensorial, variam de acordo com o tipo de teste realizado e com a informação que se pretende obter (Brennan, 1984).

Em muitos alimentos existe um parâmetro de textura que predomina sobre os outros. De acordo com Bourne (1982), existem definições de textura que são específicas para cada tipo de alimento, como, por exemplo, a suavidade do sorvete; a uniformidade da migalha e distribuição no tamanho das bolhas de ar do pão; aparência macroscópica dos tecidos da carne; sensação de suavidade e fineza do tecido muscular da carne cozida.

O procedimento de avaliar o parâmetro de textura predominante é menos completo que o perfil de textura; mas pode ser útil em certos casos: quando se quer comprovar a validade de um método objetivo para medir um parâmetro determinado; controlar a qualidade de um alimento em que um parâmetro predomina sobre os outros (dureza em ervilha), ou em que todos os parâmetros evoluem paralelamente (Costell e Durán, 1975). Estes testes podem ser fundamentalmente de dois tipos: discriminativos ou descritivos (Brennan, 1984; Abbott, 1973). Os testes discriminativos incluem os de limiar ("threshold"), que não têm muita aplicação em estudos de textura, e os de diferença, que podem envolver o uso de teste de comparação pareada, triangular ou duo-trio. Medeiros et alii (1986) utilizaram o teste triangular para detectar as diferenças de textura em salsichas para aperitivo elaboradas com distintas matérias-primas.

Brennan (1984) utilizou o termo testes descritivos para

as técnicas de ordenação (raramente usadas em trabalhos de textura) e escalas, que descrevem e/ou quantificam a diferença entre as amostras. Os testes de escala são muito utilizados: Lidster et alii (1979) avaliaram, com escala não-estruturada, as modificações de firmeza de maçãs durante o armazenamento; Ford et alii (1978) utilizaram escalas descritivas de nove pontos para analisar a firmeza, suculência e adesividade de produtos cárneos de distintas composições; Berry e Blumer (1981) avaliaram "bacon" de diferentes formulações, quanto à fraturabilidade, dureza, suculência, número total de mastigadas e recobrimento da boca, usando escalas de oito pontos; Gross et alii (1980) estudaram a firmeza, aspereza, granulidade e pastosidade de géis de pectina, com escala numérica de 1 a 10.

No caso de escala de intervalo, é suposto que cada escala representa um contínuo dividido em partes iguais e que a relação entre a intensidade percebida sensorialmente e a medida física obtida objetivamente pode ser descrita por uma função linear ou semi-logarítmica. No caso de escala de razão, essa relação pode ser descrita por uma função do tipo $S = kI^n$, onde S é a intensidade sensorial, I é a intensidade física e k e n são constantes (Brennan, 1984).

Cardello et alii (1982) compararam a utilização de escalas de intervalo e escalas de magnitude para textura. Os alimentos usados para as escalas padrões de textura desenvolvidos por Szczesniak et alii (1963) foram reavaliados usando escala de magnitude e nos seis casos (dureza, mastigabilidade, fraturabilidade, viscosidade, gomosidade e adesividade) foram obtidas curvas concavas nos gráficos com os resultados de escala de intervalos x escala de magnitude. Foi concluído que, embora os dois tipos de

escala possam ser usados, a informação obtida não é idêntica, ou seja, não se pode comparar os resultados obtidos de uma com os de outra. Não existem muitos exemplos de aplicação de escala de magnitude para avaliar parâmetros de textura, embora tenha sido utilizada em alguns casos: Moskowitz et alii (1974), que analisaram a relação entre a dureza sensorial e as propriedades mecânicas, em sistemas modelos; Cooper e Watts (1981), que estudaram a influência do conteúdo de gordura, tipo e concentração de estabilizador do creme do queijo tipo Cottage sobre seis de suas características de textura; Kokini et alii (1984), que estudaram os atributos de textura em distintos tipos de alimentos semi-sólidos e fluidos.

O método de escalas múltiplas tem sido largamente usado para obter uma descrição mais completa sobre as características de textura do alimento, porém o método que fornece uma descrição ainda mais completa é o de perfil de textura.

II.1.2 - Perfil de Textura

Perfil pode ser definido como a descrição das características de alimentos, de acordo com um conjunto de referências pré-determinado. Por muitos anos, não se reconheceu que a textura, similarmente ao sabor, é composta de diversos parâmetros. O método de perfil de sabor de A. D. Little considerava textura como parte do sabor, mas isto já não é mais aceito tanto no campo teórico como prático. No teórico, porque textura é primordialmente de natureza física e sabor é de natureza química, e do ponto de vista prático, textura é demasiadamente importante para não ser tratada independentemente (Szczesniak, 1975). Mas de qual-

quer maneira, o método de perfil de sabor descrito por Cairncross e Sjöström em 1950, foi usado como modelo, por Brandt et alii (1963), no desenvolvimento da técnica de perfil de textura. Para o desenvolvimento desta técnica, a classificação das características de textura (Szczesniak, 1963) e as suas escalas padrões (Szczesniak et alii, 1963) também contribuíram com uma base lógica e bem definida.

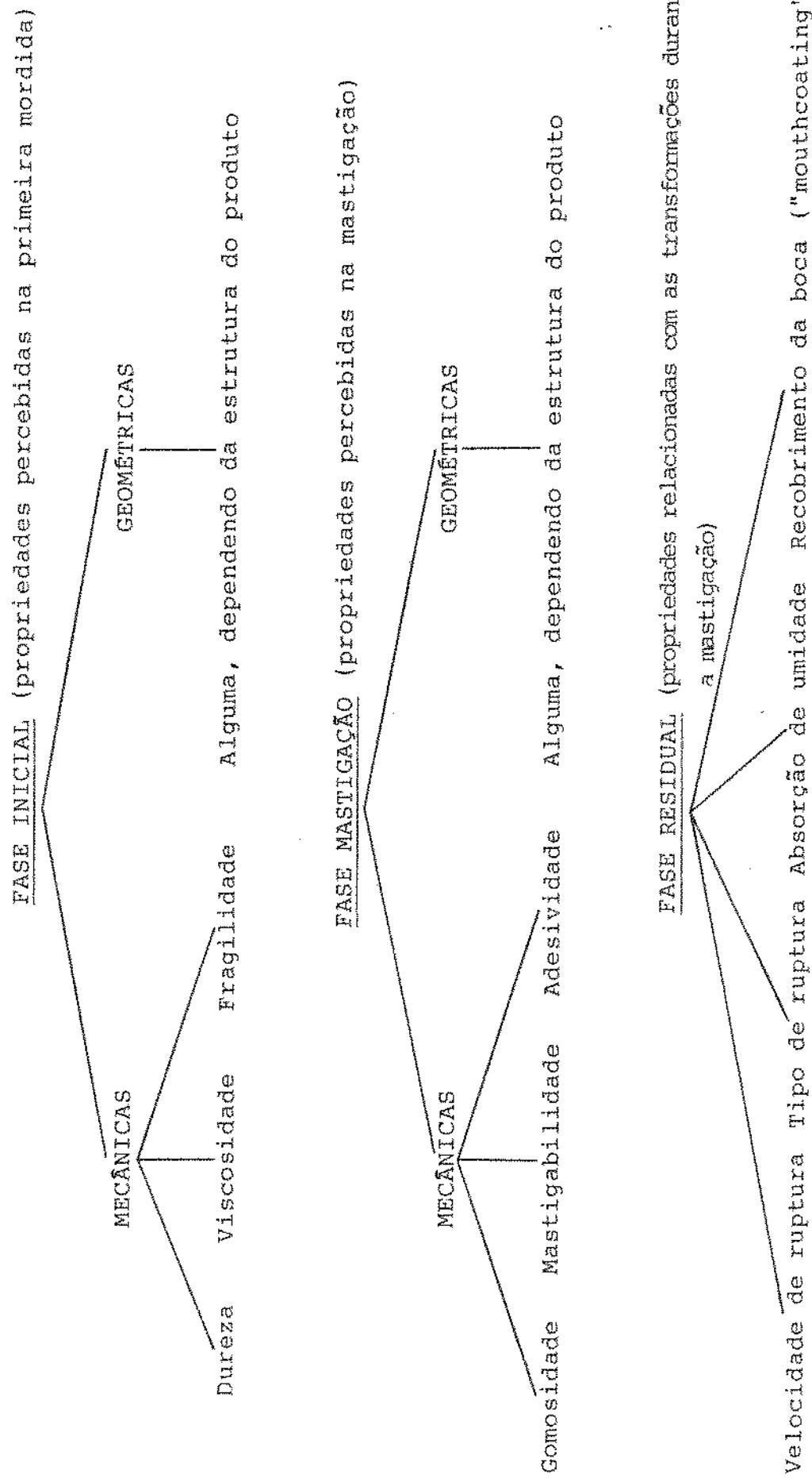
Em seu trabalho pioneiro, Brandt et alii (1963) definiram perfil de textura como a análise sensorial do complexo de textura de um alimento em termos de características mecânicas, geométricas e de conteúdo de gordura e de umidade, grau de cada uma delas presente e a ordem em que aparecem desde a primeira mordida e no decorrer da mastigação. A textura segue um comportamento definido para a ordem em que as características são percebidas (Figura II.2).

II.1.2.1 - Procedimento do perfil de textura

Uma descrição detalhada de procedimento para perfil de textura foi apresentada por Bourne (1982), dividindo-o em quatro etapas: seleção da equipe, treinamento da equipe, estabelecimento das escalas padrões e estabelecimento da ficha básica da análise de perfil de textura. De acordo com este autor, um método sistemático de registrar todas as características de textura pode ser baseado no princípio da "ordem de aparecimento", apresentado por Brandt et alii (1963) (Figura II.2).

(a) Fase Inicial: o produto é colocado entre os molares e ao morder são medidas as propriedades mecânicas de dureza, fragilidade

Figura II.2 - Procedimento para avaliação da textura



Fonte: Brandt et al. (1963)

e viscosidade, além das propriedades geométricas e outras propriedades (umidade e oleosidade). As características mecânicas são graduadas com uma precisão de 0,2 unidades da escala padrão. As características geométricas e outras características não são assinalados valores, mas podem ser usados adjetivos como leve, moderado ou forte. As características de viscosidade e fragilidade são exclusivas, isto é, no caso de produtos sólidos, que apresentam fragilidade, deve-se assinalar viscosidade zero.

(b) Fase de Mastigação: coloca-se o alimento entre os dentes e mastiga-se a uma velocidade constante e padronizada, aproximadamente 60 mastigadas/minuto. São determinadas as propriedades mecânicas de gomosidade, mastigabilidade e adesividade e, também, as características geométricas e outras que podem aparecer durante a mastigação. Mastigabilidade pode ser dada tanto em escala de 1 a 7 como em número de mastigadas e, se não houver gomosidade e adesividade, estas podem receber o valor zero.

(c) Fase Residual: são medidas as mudanças induzidas em todas as características através da mastigação e deglutição completa. Estas mudanças são divididas em: velocidade de quebra, tipo de quebra, absorção de umidade e recobrimento da boca. São usadas frases curtas para descrever estas características residuais (raramente números). Estas características são as mais difíceis de duplicar em testes instrumentais. Como ilustração dessa idéia, pode-se comparar os resultados de perfil de textura para biscoito "cream crackers" e almôndegas. Embora sejam produtos muito diferentes, existem muitas similaridades nas duas primeiras fases do perfil e as maiores diferenças aparecem na fase residual.

Exemplos de perfil de textura também podem ser encontrados nos trabalhos de Brandt et alii, 1963) para cereal, arroz, co

bertura batida e biscoito; de Civille e Liska (1975) para bolacha de baunilha e salsicha; de Hamann e Webb (1979) para gel de pescado; de Syarief et alii (1985a) para manteiga, queijo, gel de pescado, salsicha tipo "Frankfurter", pasta de amendoim, batata crua e batata doce cozida; de Onayemi (1985) para alimentos africanos de inhame e mandioca. Estes exemplos ilustram as diferentes características de textura que são apropriadas para cada produto.

Segundo Abbott (1973), um uso adequado de perfil seria para estabelecer e definir os parâmetros importantes na avaliação das diferenças de qualidade entre amostras de alimento. Estes parâmetros podem então ser postos em escalas simplificadas para uso de provadores semi-treinados, em testes de qualidade de rotina.

Segundo Civille e Szczesniak (1973), o desenvolvimento de uma terminologia apropriada e mais específica para um tipo de produto particular constitui um dos fatores que representam a base para o método de perfil de textura. A Figura II.3 dá exemplos de termos selecionados para géis e mostra como estes se relacionam com a classificação básica de textura. Syarief et alii (1985a) também apresentaram em seu trabalho uma tabela de definições dos parâmetros utilizados na análise de perfil de textura de manteiga, queijo, gel de pescado, salsicha "Frankfurter", pasta de amendoim, batata crua e batata doce cozida.

Figura II.3 - Termos utilizados para o perfil de textura sensorial de géis

Termos para o perfil de textura básico	Termos específicos aplicados a géis
CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS	
Dureza	macio, firme
Coesividade	-
Viscosidade	desaparece rapidamente, recobrimento da boca, fino, denso
Propriedade de mola	elástico ("bouncy"), propriedade de mover-se ("wiggly")
Adesividade	pegajoso, recobrimento da boca
Fragilidade	-
Mastigabilidade	borrachento, mastigável ("chewy")
Gomosidade	quebradiço ("short"), gomoso
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS	
	liso, granuloso
OUTRAS CARACTERÍSTICAS	
	úmido, desidratado, indutor de saliva
	tipo de quebra: térmica/mecânica

Fonte: Civille e Szczesniak (1973)

II.1.2.2. Modificações do perfil de textura

Segundo Szczesniak (1975), depois de dez anos de sua publicação, o perfil de textura estava ainda essencialmente na sua forma original, porém foram incluídas algumas pequenas modificações. Civille e Liska (1975) incluíram a medida de superfície de amostras percebida pelos lábios antes da primeira mordida. Sherman (1969) apresentou um novo procedimento para o perfil com base em sua classificação de características de textura, que inclui a avaliação não-oral (Figura II.4). Civille e Szczesniak (1973) introduziram o uso de escalas de 14 pontos para quantificar os parâmetros mecânicos. Berry e Blumer (1981) também utilizaram perfil de textura com escalas de 13 pontos para avaliar "bacon".

Szczesniak et alii (1975) simplificaram o procedimento para que o perfil de textura pudesse ser usado em teste de consumidor. Uma lista de termos descritivos de textura para o produto de interesse, compilada pela equipe treinada, foi usada para preparar a ficha com escalas de 6 pontos. Alguns antônimos foram incluídos, para confirmar a compreensão da terminologia empregada, como, por exemplo: "duro" e "macio", "ruim" e "bom". Os termos comparativos, como "bom" e "ruim", foram incluídos para dar idéia da qualidade global da textura. Também se pode pedir ao consumidor que descreva as suas noções de uma textura ideal para o produto testado, o que é um alvo útil para trabalho de formulação e melhoramento de produtos. Foram obtidos resultados com alta reprodutibilidade em testes realizados em diferentes épocas e em diferentes locais.

Outra técnica baseada no perfil de textura é o perfil de textura comparativo, que inclui a análise das amostras comparada

com uma amostra controle (Bourne, 1982). O seu procedimento consiste em desenvolver, a partir da ficha padrão, uma ficha para o perfil de textura comparativo, que é específica para o produto de interesse e com a qual se pode identificar e quantificar pequenas diferenças nas propriedades de textura, causadas por variação na quantidade de ingredientes, formulação, estocagem ou processamento. Para isso, é definida uma amostra controle cujas características de textura são desejáveis e à qual se assinala valor zero para todos os parâmetros. As propriedades de textura identificadas são relacionadas em ordem de aparecimento e as amostras são graduadas como: - "igual a", - "menos que", ou - "mais que" a amostra controle em cada fator de qualidade. Um exemplo de perfil de textura comparativo é o que foi realizado para arepa (Bourne et alii, 1975). Arepa é um alimento a base de milho que é largamente usado na Colômbia e outros países da América do Sul. O controle neste caso era arepa recém-processada pelo método tradicional e a graduação das amostras era semi-quantitativa de 1 a 5 positivos e de 1 a 5 negativos para as 28 características de textura estudadas.

Com relação a apresentação dos resultados, também já foram encontradas propostas de modificações. Neste sentido, Syarif et alii (1985b) encontraram que o uso de médias dos valores atribuídos pela equipe de perfil de textura ou de sabor, é preferível ao uso de um valor obtido por consenso.

O método de perfil de textura é oferecido como um meio de ajudar os pesquisadores em alimentos a obter dados sensoriais descritivos e quantitativos em características de textura, apresentando as seguintes vantagens:

- flexibilidade de aplicação a qualquer produto alimentar ou ca-

racterística de textura;

- objetividade através de pontos de referência e nomenclatura rigidamente definidos.

As limitações estão relacionadas com o grau de eficiência de provadores.

II.1.3. Avaliação Não Oral da Textura

Os métodos sensoriais não-orais usados pelos consumidores para a avaliação da firmeza dos alimentos baseiam-se em quatro princípios: - viscosidade/consistência (para pudins e cremes em aerosol); - deformação (para pães, tomates, alface, peras e maçãs); - punção (para peras e maçãs); - flexão (para cenouras) (Szczesniak e Bourne, 1969, citados por Abbott, 1973). Agitar um alimento fluido ou semi-fluido com uma colher ou um dedo é frequentemente usado para medir viscosidade e consistência (Bourne, 1982).

Pokorny et alii (1984) compararam a análise sensorial de textura e reometria rotacional na avaliação de textura de margarinas, sendo que a análise sensorial era feita pelas técnicas não-orais de dureza por corte com a faca, dureza ao passar a margarina numa fatia de pão e extensibilidade na fatia de pão.

Os trabalhos que incluem avaliação de textura não-oral citados a seguir, são os que utilizam como amostra produtos gelificados, já que este é o tipo de produto estudado no presente trabalho. A Tabela II.1 apresenta de forma resumida a informação encontrada nestas publicações.

Okamoto et alii (1973) estudaram as relações entre proprie

Tabela II.1.1 - Análise Sensorial de Textura Não-Oral de Géis

Tipo de Gel	Forma e Tamanho da Amostra	Técnica Sensorial	Método de Realização dos Testes	Atributos	Referência Bibliográfica
Gelatina	Cilindros de 1 cm de altura	Escala de 11 pontos (comparação pareada)	Compressão e ruptura com espátula	Dureza Fragilidade (Quebradiço) Elasticidade	OKAMOTO et alii (1973)
Oito géis diferentes, representando a maioria dos tipos de géis	-	Escala de 10 pontos	Compressão com colher	Resistência	LEVITT (1974)
				Imobilidade Recobrimento	
Proteína	Cilindros de 25 mL e 25 mm de altura	Escala de Magnitude	Corte com colher Compressão com colher	Fragilidade (Quebradiço) Firmeza	COOPER et alii (1977)
Pectina	-	Escala Estruturada de 10 pontos	Com os dedos	Firmeza	GROSS et alii (1980)
Gelatina, Pectina, k-carragenato	Cilindros baixos	Multiescalas bipolares de 7 pontos	Corte com colher	Duro (mole) Elástico (inerte) Coesivo (desmornado) Adesivo ("short")	DAGET & COLLYER (1984)
Pectina	Cubos	Escala não Estruturada de 10 cm	Corte com faca	Firmeza	LUNDGREEN et alii (1986)
Gelatina, Pectina, k-carragenato	Cubos de 2 cm	Escala Não Estruturada de 10 cm	Corte com faca	Firmeza (com faca)	MUNOZ et alii (1986 a, b)
			Compressão com o dedo indicador	Firmeza (manual)	
			Ruptura com os dedos	Coesividade	

dades sensoriais, características físicas e os tipos de forças da estrutura de géis de gelatina. Amostras cilíndricas foram avaliadas por compressão e quebra dos géis com espátula. Os atributos de dureza, fragilidade ("brittleness") e elasticidade ("springiness") foram registrados em escalas de 11 pontos, para cada par de amostras. Encontraram que a dureza estava altamente correlacionada com o módulo de elasticidade de Young e fragilidade correlacionada com força de ruptura.

Levitt (1974), num estudo de seleção de variáveis sensoriais e instrumentais relevantes para a avaliação de textura, utilizou como exemplo sistemas gelificados. As amostras eram oito tipos de géis que representavam a maioria dos tipos de textura de géis conhecidos. Os atributos de textura não-oral, avaliados por compressão com colher, foram resistência, imobilidade e recobrimento, sendo registrados em escalas de 10 pontos.

Cooper et alii (1977) compararam géis de proteína com três distintas concentrações, medindo fragilidade por corte com colher, e firmeza por compressão com a parte de trás da colher sobre cilindros de géis que se encontravam sobre um prato. Foram utilizadas escalas de magnitude com padrões pré-fixados. Os resultados indicaram que os dois atributos avaliados aumentavam com os níveis mais altos de proteína.

Gross et alii (1980) avaliaram a firmeza sensorial de cinco géis de pectina, para a sua caracterização reológica. Um dos atributos de textura, firmeza, foi avaliado com os dedos, dentes e por compressão da amostra entre a língua e o palato. Utilizaram escala estruturada de 10 pontos. Várias correlações significativas foram encontradas entre parâmetros reológicos, químicos e sensoriais.

Daget e Collyer (1984) estudaram os atributos de textura não-oral, avaliados por corte com colher, registrados em escalas bipolares de sete pontos, de duro a mole, de elástico ("springy") a inerte, de coesivo a desmoronado ("falling appart") e de adesivo a não adesivo ("short"). As amostras utilizadas para os testes, realizados em duas localidades, foram seis tipos de géis de distintas propriedades de textura preparados com gelatina, pectina e k-carragenato, em forma de cilindros de diâmetro maior que a altura. Os resultados mostraram em que medida os métodos foram reproduzíveis, sensíveis e comparáveis.

Lundgren et alii (1986), em um estudo que participaram dez laboratórios, avaliaram a firmeza de géis com três distintas concentrações de pectina. Aos provadores era pedido que cortassem em duas metades, com faca, a amostra em forma de cubo, mastigassem e registrassem a sensação global, em escalas não estruturadas de 10 cm, de mole a firme. Os resultados indicaram diferenças altamente significativas entre os níveis de pectina, observando-se um aumento de firmeza com o aumento destes níveis.

Muñoz et alii (1986a) avaliaram géis de distintas concentrações de gelatina (22-45 g/L). Entre as características de textura medidas nas amostras, três eram não-orais: firmeza por corte com faca, firmeza por compressão da amostra com o dedo indicador contra o prato, e coesividade por ruptura da amostra entre os dedos polegar e indicador. Utilizaram escalas não estruturadas de 10 cm, ancoradas nos extremos pelos termos "menos" ("less") e "mais" ("more") e no centro por R (referência). Estes mesmos autores (Muñoz et alii, 1986b) realizaram também um trabalho similar com géis de gelatina, alginato de sódio e k-carragenato em que, dentre as propriedades de textura, avaliaram a firmeza não

oral, utilizando as mesmas técnicas citadas anteriormente (com a faca e com o dedo), porém com os extremos da escala "não firme" e "extremamente firme". As medidas de firmeza com faca foram altamente correlacionadas com as forças máximas de compressão e de corte medidas com Instron UTM a 80% de deformação da amostra, enquanto que as de firmeza por compressão foram correlacionadas somente com a força de ruptura da superfície do gel por corte.

Outras técnicas para medir textura não-oral que também podem ser consideradas são as que se baseiam na percepção visual e auditiva. Uma manifestação visual da textura pode ser encontrada de acordo com a taxa ou o grau em que o alimento cede ou se esparrama. Em um alimento mais sólido, pode-se ver como este apresenta depressão, como é o caso dos géis: um gel firme mantém bem sua forma enquanto um macio cede em maior grau (Bourne, 1982). A aparência da amostra pode dar um indício, como, por exemplo, a cor da fruta pode indicar o estágio de maturação e assim sua firmeza, a aparência flácida de uma verdura folhosa sugere que esta não apresenta turgência apropriada (Brennan, 1984). Há muito tempo já se sabe que os sons emitidos quando certos alimentos são mordidos e mastigados são de certa forma um reflexo de sua textura, principalmente nos casos de alimentos crocantes secos (biscoitos, batatas chips) e úmidos (maçãs, aipo). Para este tipo de alimento, foi observado que as vibrações podem produzir sensações auditivas mas, também, táteis, que já são suficientes para a avaliação da textura (Brennan, 1984). Porém, estas técnicas são pouco usadas porque dão informação parcial, considerada apenas complementar da obtida pelos outros métodos.

II.1.4. Criação e Seleção de Atributos

O principal objetivo da análise descritiva é a descrição de um produto em termos dos atributos sensoriais percebidos. Como essas descrições são necessariamente verbais, a linguagem exerce função central na determinação da exatidão e utilidade de uma dada avaliação (Civille e Lawless, 1986). Um dos principais temas em análise descritiva é a seleção dos parâmetros em função do objetivo final do estudo. Entretanto, apesar dessa importância, esse tema tem recebido pouca atenção.

A seleção dos termos para identificar os parâmetros a avaliar não é fácil. Uma das dificuldades é a diferença entre os vários idiomas, o que reduz a possibilidade de traduzir diretamente termos que funcionem bem em uma e outra língua. Muitas vezes não existe uma tradução direta e outras um mesmo fato pode ser descrito com distintas acepções. Por exemplo, certas nuances de sabor em espanhol não aparecem em inglês, talvez porque os termos descritivos espanhóis reflitam uma culinária distinta, com preponderância de alimentos quentes e com sabores picantes (Moskowitz, 1983). Numa comparação entre termos para descrever textura em japonês com termos em inglês, Yoshikawa et alii (1970a) concluíram que os termos japoneses incluíam mais palavras onomatopaicas. No estudo de perfil de textura destes mesmos autores (Yoshikawa et alii, 1970b), alguns atributos, como por exemplo, "crisp" (crocante) e "creamy" (cremoso), não receberam tanta importância quanto no perfil de textura em inglês; o que foi explicado pela falta de adjetivos equivalentes em japonês e pela maior importância das palavras onomatopaicas neste idioma. Estas diferenças também poderiam ser explicadas, em parte, porque cada idioma foi desenvolvido respondendo a contextos sociais e culturais

distintos. Os esquimós, por exemplo, que se defrontam diariamente com água e neve em diferentes formas, possuem muito mais palavras para descrever os tipos de neve e gelo, que em qualquer outro idioma (Moskowitz, 1983).

Outra dificuldade na seleção dos termos a avaliar é a tendência da maioria das pessoas a sintetizar ou integrar as percepções do estímulo, fazendo com que o fracionamento de uma impressão sensorial possa resultar muito difícil. Porém, às vezes, deve-se avaliar os atributos para depois construir um modelo correlacionado à percepção do termo integrado. Por exemplo, se o termo "creamy" (cremoso) é função de "smoothness" (lisura), "viscosity" (viscosidade) e "fatty mouthfeel" (sensação de gordura na boca), o provador que dá maior peso para viscosidade avaliará "creamy" distintamente de um provador que responda fortemente a "smoothness" (Civille e Lawless, 1986).

II.1.4.1. Métodos de criação de atributos

Para tentar resolver o problema de seleção de parâmetros na análise descritiva, foram propostas várias metodologias para definir e selecionar os termos a utilizar em cada caso.

II.1.4.1.1. Discussão aberta com moderador

De acordo com o que foi observado na literatura estudada, o método para criar termos descritivos mais comumente utilizado é o que emprega discussão aberta com um moderador. Essa discussão estimula a interação entre os provadores, que leva a certos problemas e benefícios. Um provador dominante pode influenciar os indivi-

duos mais passivos, mas por outra parte, existe um efeito sinérgico em que se observa o aparecimento de mais idéias e mais descritores. Um exemplo recente de aplicação desse método é o trabalho de Gerdes et alii (1987), em que cinco provadores definiram as características a serem avaliadas em géis a base de pectina, carragenato e alginato. Levitt (1974) também realizou um estudo sensorial com géis, em que a equipe sensorial obteve uma lista de vinte e dois atributos de textura oral e não oral.

II.1.4.1.2. Método rede

Outro método para gerar parâmetros foi citado por Moskowitz (1983) - método rede ("Kelly repertory grid"). Sugerido inicialmente por Kelly em 1955, para criar termos de maneira simples empregando consumidores, este método, recentemente, começa a ser mais utilizado. Ao consumidor são apresentados três produtos (por exemplo: espaguete, queijo e suco de laranja), o que cria três pares (espaguete-queijo, espaguete-suco e queijo-suco). Em cada par, o consumidor registra as características em que os produtos são similares e as características em que são distintos. A técnica gera diversos descritores a partir de um jogo divertido, em vez de uma recitação tediosa. De um par para outro, se observa uma marcada mudança de referência - o provador busca novos matizes de diferenças e similaridades para cada par, o que força o surgimento de uma descrição mais rica. São exemplos de aplicação do método rede os trabalhos de Mc Ewan e Thomson (1987a, b). No primeiro deles, 26 consumidores avaliaram quinze triadas de confeitados de chocolate, onde a informação obtida de cada consumidor foi refinada para desenvolver um vocabulário de consenso compreendendo 37 termos. No outro estudo, 46 consumidores avalia-

ram 25 produtos cárneos, e a conclusão foi de que o método rede é um meio útil de estimular consumidores a articular sobre conceitos difíceis, tais como suas atitudes perante os produtos cárneos. Uma adaptação do método rede foi utilizada por Hellemann et alii (1987), onde os 30 provadores utilizados descreveram diferenças entre amostras, em quatro repetições de 15 pares de pães de centeio, para obter a lista inicial de 310 descritores.

II.1.4.1.3. Método da associação controlada

Foi também encontrado na literatura, entre os métodos para criar atributos, o método de associação controlada ("Method of Controlled Association"), em que se solicita ao provador que registre todas as palavras que associe com atributos sensoriais, exatamente no momento em que entra em contato com a amostra. Esse método foi utilizado por Yoshikawa et alii (1970a), para a coleta e classificação de palavras na descrição de textura de alimentos. Cento e quarenta mulheres estudantes forneceram 12.600 respostas para aproximadamente 100 produtos. Szczesniak (1979b) utilizou uma modificação desse método - um questionário com uma lista de 33 bebidas com 103 provadores não treinados, onde pedia para fazer uma lista de todos os termos populares referentes às sensações de cada bebida na boca. Das 5.350 respostas obtidas, foram recolhidos 136 termos, sendo que 75 deles apareciam três ou mais vezes. Embora estivessem instruídos para o contrário, termos de sabor e hedônicos foram encontrados, mas os que não tinham conotação de sensação na boca eram excluídos.

II.1.4.1.4. Método da lista prévia

Se o produto avaliado possui uma lista muito grande de termos descritores, é possível reduzi-la para uma lista menor, utilizando-se o método de lista prévia ("checklist method") (Moskowitz, 1983). Este método consiste em solicitar aos provadores que classifiquem os termos como "crítico" e "não crítico". Somente os termos selecionados como "críticos" por uma percentagem pré-especificada do grupo devem permanecer na lista final.

II.1.4.2. Seleção de descritores

Em geral, com todos esses métodos são obtidas listas amplas, com um número excessivo de termos, que se deve reduzir por razões práticas. O sistema descritor não pode ter somente alguns termos, porque falhará na captura dos matizes qualitativos, mas também não pode ter 500 termos, porque será demasiado, tornando-se problemático para utilizar e analisar. Pode não haver um número ideal de atributos ou características para um sistema de perfil, mas acima de um certo número de termos, um atributo adicionado provavelmente acrescentará, se acrescentar, pouca informação nova (Moskowitz, 1983).

Para essa redução da lista inicial de termos, o primeiro fator que deve ser considerado é se todos eles têm significado distinto. Em todas as línguas pode-se encontrar termos sinônimos, ou pelo menos de significado que se sobrepõe. Os termos descritores para percepção sensorial não exibem total independência entre si; significados sobrepostos e termos redundantes sempre existem (Moskowitz, 1983). Esses termos redundantes, além de

não trazer mais informação à descrição do produto, aumenta o número total de descritores utilizados, o que complica a aplicação prática da análise. A constatação da redundância entre os termos, pode ser efetivada, às vezes, com uma simples discussão entre os provadores. No estudo de textura de géis realizado por Levitt (1974), uma lista inicial de 22 parâmetros foi reduzida para 13 termos ao verificar redundância entre os mesmos. Em um dos trabalhos pioneiros sobre análise descritiva quantitativa (QDA), para minimizar a redundância de atributos e também determinar a relação existente entre eles, Stone et alii (1974) recomendaram um estudo de correlação entre os parâmetros. Também para Civille e Lawless (1986), um dos aspectos chaves que o pesquisador deve considerar na construção de um conjunto de descritores é que os termos devem ser não correlacionados.

II.1.4.3. Seleção de discriminadores

A segunda questão a ser considerada na redução do número de atributos selecionados é o poder de discriminação dos mesmos. Uma vez obtida a lista de parâmetros para um determinado produto, surge a dúvida se um termo é simplesmente um descritor ou um discriminador. Por meio de uma análise de variância (ANOVA) pode-se estabelecer se um termo é significativo ou não, verificando se existe diferença significativa, a um determinado nível de probabilidade, entre as médias obtidas para as amostras em relação a esse parâmetro. Porém, deve-se tomar certo cuidado ao tirar as conclusões, já que a falta de significância pode ser devido ao fato dos produtos avaliados não apresentarem o atributo descrito pelo termo, ou mesmo das amostras serem uniformes com respeito a este atributo (Powers et alii, 1984).

Lyon (1987), no seu trabalho para desenvolver descritores de sabor de frango, com a lista de 45 obtidos inicialmente, submeteu quatro amostras a avaliação pela equipe sensorial usando escala de 0 a 9 (0 = não detectável e 9 = muito forte); e, com esses dados, realizou a ANOVA de um fator para eliminar os termos que não discriminavam, com o que obteve uma lista de 31 termos.

Hellemann et alii (1987), já citados anteriormente, depois de reduzir a lista de 310 descritores para pão de centeio a uma lista de 29 deles, através de discussões com a equipe sensorial, aplicaram ANOVA de um fator aos dados de seis amostras avaliadas com estes descritores e encontraram que somente um deles não era capaz de discriminar as amostras utilizadas.

Às vezes, pode ocorrer que haja muitos termos que discriminam as amostras, e então se busca entre eles os que mais discriminam. Para isso, pode-se aplicar uma análise discriminante por passos (AD) ("stepwise linear discriminant analysis"), que é uma técnica estatística multivariada usada para determinar a importância relativa de cada variável num conjunto de variáveis, ao discriminar um grupo de amostras. Num trabalho sobre textura de géis, Levitt (1974) aplicou essa análise estatística com dois grupos de resultados para as mesmas amostras e nos dois casos foram obtidas listas de seis variáveis que mais discriminavam.

Cardello e Maller (1987), examinando 25 espécies de pescado, obtiveram uma lista de 27 atributos de textura. Com os resultados da avaliação desses atributos em várias espécies de pescado, com escalas de sete pontos, aplicaram AD, com o que foram seleccionados 19 atributos.

Se, depois de aplicar estas análises estatísticas citadas,

a lista de termos selecionados ainda conta com um número demasiadamente grande, pode-se proceder ao agrupamento desses termos por significado, utilizando técnicas estatísticas como análise de componentes principais (ACP), análise fatorial (AF), análise Procrustes generalizada ("Generalized Procrustes Analysis") entre outras. No seu artigo, em que discutem os principais métodos estatísticos aplicáveis à análise dos dados sensoriais obtidos com testes multiescalares, Powers et alii (1984) postulam que quando se deseja reduzir uma lista de termos e evitar os repetitivos, normalmente se aplica primeiro a ACP e depois a AF. Com a ACP se pretende reduzir o número de variáveis a um número menor de componentes de forma que a perda de informação seja mínima; e quando vários termos têm uma correlação similar em um mesmo componente, algum destes pode ser eliminado porque fornecem o mesmo tipo de informação.

De acordo com Moskowitz (1983), em descrição de aromas, a AF e outras técnicas baseadas em correlações continuam fornecendo uma contribuição importante. Apontam as redundâncias entre os atributos, localizando similaridades entre os mesmos. Jeltrema e Southwick (1986) aplicaram AF num estudo com perfil de aroma e de 146 descritores foram obtidos 17 fatores não redundantes.

Entre os trabalhos em que foi utilizada a análise Procrustes, encontram-se os de Mc Ewan e Thomson (1987a, b). Nestes trabalhos foram avaliados confeitos de chocolate e produtos cárneos, e os autores utilizaram análise Procrustes para determinar que fatores eram mais importantes para cada consumidor. Quarmby e Ratkowsky (1988) também utilizaram essa análise estatística para estudar os dados de perfil de alteração de pescado. As amostras "boas" apareceram a um lado do diagrama com o primeiro e o

segundo componentes principais da análise Procrustes e as "alteradas" apareceram mais distribuídas, o que serviu de base para os autores concluírem que os eixos de uma análise Procrustes para alteração de pescado pareciam ser, principalmente, eixos de aceitabilidade.

Assim como certos autores utilizam um único tipo de análise estatística para obter a lista final de termos selecionados, existem outros que aplicam uma vasta gama de técnicas estatísticas para chegar a esta lista final. Este é o caso de Lyon (1987), que, depois de aplicar a ANOVA, aplicou AF com os 31 termos que ficaram, onde foram extraídos oito fatores que explicaram 77% da variação das amostras. Ainda com os 31 termos selecionados por ANOVA, foi realizado um estudo de frequência de uso dos termos em que foram eliminados os que apresentaram frequência menor que 40%. Juntando-se os resultados da AF e das frequências com uma discussão com a equipe sensorial, chegou-se a 22 termos, que com nova AF foram reduzidos a 16. Com os resultados de novas avaliações sensoriais, foram realizadas novas análises estatísticas: AF, de agrupamento ("cluster analysis") e AD, que unidas a outras discussões com a equipe sensorial, serviram de base para obter uma lista final de 12 parâmetros.

II.1.5. Seleção de Provadores para Avaliações Multiescalares

A equipe de provadores é o instrumento analítico utilizado na análise sensorial. Da mesma forma que a qualidade da informação obtida por um instrumento de laboratório depende em grande parte das características intrínsecas deste instrumento, a informação que nos dá a equipe sensorial também está diretamente relacionada com a maneira que esta foi formada (Amerine et alii, 1965; ASTM, 1981; Moskowitz, 1983).

A seleção dos provadores pode ser realizada com métodos distintos, mas todos baseiam-se na habilidade dos candidatos para desempenhar uma função determinada (Costell, 1983). Fazer uma pré-seleção é comum, considerando-se os candidatos quanto a: interesse, disponibilidade, normalidade de percepção fisiológica e habilidade de discriminar; e, no caso de provadores destinados a testes descritivos, também se considera a habilidade para desenvolver um vocabulário específico (Amerine et alii, 1965; ASTM, 1981; Bourne, 1982; Moskowitz, 1983). De um candidato que deseje tomar parte de uma equipe de análise descritiva não se exige uma extraordinária sensibilidade (Moskowitz, 1983), porém há uma exigência quanto ao tipo de personalidade, pois uma pessoa de caráter muito débil ou demasiadamente forte não é adequada para estes testes, que podem envolver discussão aberta (Bourne, 1982; Costell, 1983). Certos autores consideram tão importantes estas atribuições, que as utilizam como único critério para a seleção dos seus provadores, como é o caso de Berry e Civille (1986) e Cardello e Maller (1987).

Para a análise sensorial de um só parâmetro, já existe uma metodologia de seleção disponível, com métodos bem definidos e de fácil aplicação, baseados no poder de discriminação, repeti

bilidade e concordância do provador com a equipe. Porém, para vários parâmetros de uma mesma amostra, as dificuldades aumentam sensivelmente, porque se deve considerar o desempenho do provador para todos os parâmetros analisados, simultaneamente (Costell, 1983; Powers et alii, 1984).

Para avaliar o poder de discriminação dos provadores, a análise estatística mais usada é a ANOVA. Esta análise é feita para cada provador, com relação a cada parâmetro, considerando como causa de variação, amostras. Mais altos valores de F de amostras indicam um poder maior de discriminação, porém há casos em que um provador apresenta um F alto para alguns descritores e baixo para outros. É difícil concluir, a partir desses resultados. Por exemplo: se são avaliados nove atributos em um produto, é difícil decidir se sete valores de F significativos, a um determinado nível de probabilidade, são suficientes para que o provador seja considerado aceito (Powers et alii, 1984). Segundo Stone et alii (1974), um nível de significância de 50% ou mais para F indica uma não contribuição do provador para a discriminação das amostras naquele parâmetro, mas estes autores não estabelecem em que porcentagem dos atributos avaliados isso deve ocorrer para que o provador seja aceito na equipe. Na análise dos resultados obtidos no treinamento de um grupo de provadores que avaliaram 12 atributos em sopas caseiras e comerciais, Powers et alii (1984) utilizaram o critério de aceitar os provadores com valores de F significativos a nível de 50% para dez ou mais atributos. Fischman et alii (1987), ao estudar cinco graus de qualidade de chá, também aplicaram ANOVA de um fator e selecionaram os juízes que apresentaram valores de F significativos a um nível de significância de 50% para oito dos 11 atributos avaliados. Shinholser et alii (1987), ao selecionar provadores para 12 atributos de sabor de pão de centeio com a aplicação

de ANOVA, consideraram aceitos os provadores que apresentaram F significativo a um nível de significância de 5% para quatro ou mais atributos. Por outro lado, existem autores que consideram o problema sob outro ponto de vista, ao invés de selecionar os mesmos provadores para avaliar todos os atributos, selecionam os provadores para cada atributo especificamente. Malek et alii (1986), por exemplo, avaliando sabor de cerveja, utilizaram os valores de F obtidos pelos provadores, segundo esse procedimento.

Os problemas encontrados na interpretação dos resultados obtidos com ANOVA, levaram alguns autores a utilizar a análise de variância multivariada (MANOVA), para avaliar o poder de discriminação do provador para um grupo de parâmetros. Segundo Powers et alii (1984), a vantagem da MANOVA é que a decisão é tomada de acordo com um só valor de F , mas, por outro lado, obtém-se uma informação global que não permite diferenciar, por exemplo, um provador de desempenho uniforme e razoavelmente eficaz em todos os atributos, de outro muito eficaz em poucos dos atributos. Se o valor de F obtido é de probabilidade alta, já se pode descartar o provador com certa segurança, mas se a probabilidade é um pouco menor, é conveniente aplicar também a ANOVA para a seleção. Geralmente, se se aplica somente um tipo de análise estatística, é mais informativa a ANOVA. Outra desvantagem da MANOVA, é que, às vezes, pode faltar graus de liberdade para a realização da análise estatística, o que obriga a reduzir o número de atributos (com outro método estatístico) ou dividi-los em grupos de atributos; mas de qualquer forma, é mais cômodo ter dois ou três valores de F que 15 ou 20.

A técnica estatística ANOVA também pode ser um meio de avaliar a repetibilidade de um provador. Segundo Brien et alii (1987), poder de discriminação e repetibilidade estão relacionados: um provador com dificuldades para reproduzir os resultados também terá dificuldades para discriminar e um provador incapaz de discriminar provavelmente é incapaz de apresentar repetibilidade. No trabalho de Durán e Calvo (1982), cada amostra de feijão branco foi avaliada cinco vezes e com os resultados se aplicou uma ANOVA para cada um dos nove parâmetros avaliados, estudando o efeito de repetições, para cada provador. Como não foi observado nenhum valor de F significativo para esse efeito, os autores concluíram que todos os provadores reproduziam os resultados para todos os parâmetros.

Outro critério de seleção de provadores, considerado por certos autores, é a concordância dos seus resultados com os resultados da equipe. De acordo com Brien et alii (1987), o uso da concordância como o único critério para selecionar provadores para uma equipe pequena é inapropriado, porém em equipes grandes parece razoável a eliminação de provadores com baixa concordância. Neste sentido, Stone e Sidel (1985), compararam a ordenação das amostras que se depreende das intensidades atribuídas pelo provador com a ordenação dada pela equipe. Porém, de acordo com a literatura estudada, o método estatístico mais comumente utilizado para avaliar a concordância dos provadores é o estudo de correlação entre os resultados de cada provador e os resultados médios da equipe (Jeltema e Southwick, 1986 - perfil de aromas; Malek et alii, 1986 - cerveja). Segundo Powers et alii (1984), mais recentemente, estão sendo utilizados distintos tipos de análise multivariada para obter informação sobre a concordância entre os provadores. Na análise de componentes principais (ACP), os pro

vadores responsáveis pela maior parte da variância detectada nas amostras, estarão, logicamente, incluídas nos dois ou três primeiros componentes. A análise de agrupamento permite agrupar os juizes em subgrupos homogêneos.

Fischman et alii (1987) compararam a utilização de vários métodos estatísticos para avaliar a concordância entre os provadores: análise discriminante (AD), teste de Bartlett ("Bartlett's Sphericity Test"), análise de agrupamento, ACP, método de máxima verossimelhança ("maximum likelihood") da análise fatorial (AF), e procedimento de Kendall ("Kendall's Tau Procedure"). O estudo demonstrou que as matrizes de correlação de cada provador devem ser examinadas para concordância entre provadores, quando AF é utilizado. Shinholser et alii (1987) utilizaram uma combinação de vários métodos estatísticos para estudar a homogeneidade de uma equipe sensorial: teste de Bartlett, análise de agrupamento, AF e teste Kendall. Lyon (1987) estimou essa característica através de uma ACP e encontrou que os resultados de três dos nove provadores, distanciavam-se do restante. Mc Daniel et alii (1987), num estudo de aroma de vinho "Pinot noir", eliminaram os provadores cujos resultados apresentavam correlação negativa com os resultados da equipe, na avaliação de um determinado atributo.

Como já foi exposto anteriormente, tanto o poder de discriminação entre as amostras, como a concordância com a equipe, que um determinado provador apresenta, são usados como critério de seleção para uma equipe sensorial. Entretanto, um mesmo provador pode ser muito efetivo para discriminar as amostras, mas, por outro lado, não ser consistente com o resto da equipe. Neste caso, deve-se escolher um dos dois critérios para sua eliminação ou aceitação. De acordo com o que se observa na literatura, existe uma certa discordância quanto à relativa importância destes

critérios de seleção. Enquanto para certos autores, a homogeneidade da equipe não é tão importante (Stone et alii, 1974; Powers et alii, 1984). Malek et alii (1986) observaram maior êxito da seleção de juízes baseada em correlações para avaliar a concordância, que da seleção baseada em valores de F obtidos por ANOVA.

Em todos os casos, mesmo depois de um minucioso trabalho de seleção e treinamento da equipe, deve-se comprovar sua eficácia (Brien et alii, 1987), porque isto proporcionará uma informação indispensável para a interpretação dos resultados obtidos.

II.2. MEDIDAS DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS

Apesar da textura ser uma propriedade sensorial, pode ser estudada também por métodos objetivos. O sucesso destas medidas depende da sua relação com as variações das respostas sensoriais quanto ao atributo em questão. Com a conscientização da importância da textura na aceitação do consumidor, existe um interesse crescente em correlacionar os métodos objetivos de avaliação de textura com os sensoriais. Refinamentos no desenho dos instrumentos e cuidadoso controle das condições de teste podem contribuir para melhorar essas correlações. Porém, o ponto mais importante é que textura não é um parâmetro único e sim um espectro de parâmetros e que os métodos objetivos medem apenas uma porção deste espectro (Szczeniak, 1973).

Os testes objetivos diretos, que medem propriedades mecânicas reais dos materiais, utilizam técnicas de medidas em que o alimento é deformado por aplicação de força com compressão, tração, cisalhamento, ou combinação destas operações. A extensão da deformação e/ou a resistência oferecida pela amostra é registrada e usada como índice de textura deste alimento.

II.2.1. Tipos de Testes

De acordo com Voisey (1976), os testes para medidas das propriedades mecânicas podem ser divididos em três tipos: fundamentais, empíricos e imitativos.

II.2.1.1. Fundamentais

Estes testes medem propriedades reológicas bem definidas tais como módulos de elasticidade ou viscosidade. Apresentam a grande vantagem da possibilidade de expressar os resultados em unidades definidas e quantificar os efeitos de variações de amostra, forma geométrica do dispositivo usado e outras condições de teste. As dificuldades encontradas, porém, são muitas e, devidas principalmente, à natureza heterogênea da maioria dos alimentos e ao fato de que poucos deles exibem um comportamento exclusivamente elástico, viscoso ou plástico. Muitas propriedades físicas dos alimentos mudam com o tempo e variam de acordo com as condições de estocagem (Brennan, 1984). Geralmente, os testes fundamentais são demorados, não se correlacionam tão bem quanto os empíricos com a avaliação sensorial e usam equipamentos caros. Não são muito usados em indústrias de alimentos, mas têm certa importância em laboratórios de pesquisa (Bourne, 1982).

II.2.1.2. Empíricos

Medem propriedades mecânicas da amostra em unidades empíricas do instrumento, aplicando uma combinação de forças, como, por exemplo, compressão, tração, cisalhamento, escoamento e extrusão. Os problemas com este tipo de teste são a má definição do que é medido, a arbitrariedade do teste e que somente são efetivos com um número limitado de alimentos. Porém, apresentam boa correlação com a qualidade de textura, em geral, são de realização fácil, rápida e que não exige equipamentos caros. Por tudo isto, estes são os testes mais largamente usados em indústrias de alimentos (Bour

ne, 1982). Como, geralmente, as condições de teste são arbitrárias e muitos parâmetros são desconhecidos, uma análise teórica rigorosa nem sempre é possível. O que resta é controlar para que todo parâmetro de teste seja o mais constante possível. Tais testes somente podem ser considerados comparativos dentro das mesmas condições.

Geralmente, nos métodos empíricos, a amostra é submetida a um complexo de forças, mas, freqüentemente, um tipo de ação predomina e esta fornece uma base para classificar os métodos em testes de: punção ou penetração; cisalhamento; compressão; extrusão; corte; fluxo e mistura (Brennan, 1984). Outros autores usam uma classificação pelo tipo de alimento em que se aplica o teste, mas a anterior, com algumas modificações, é a mais familiar aos tecnólogos de alimentos, que se interessam pela aplicação prática das medidas de textura (Szczesniak, 1973).

II.2.1.3. Imitativos

São os que imitam as condições a que o alimento é submetido na prática. Os instrumentos imitativos somente simulam o complexo processo de mastigação em um grau muito limitado. Geralmente apresentam dispositivos em forma de dentes e/ou uma ação que copia o movimento das mandíbulas, mas somente num plano vertical. O primeiro instrumento deste tipo foi o texturômetro da General Foods, que é provavelmente o mais largamente usado (Brennan, 1984). Outros exemplos deste tipo de teste são os aparelhos que imitam o manuseio da massa de panificação, como o Farinógrafo, e os que medem o escoamento de alimentos semi-fluidos, como o Consistômetro Bostwick e Consistômetro Adams (Bourne, 1982).

II.2.2. Tipos de Instrumentos

De acordo com a aplicação, um instrumento pode ser: individual, que tem uma ação específica sobre o alimento; ou múltiplo, que admite o uso de vários tipos de dispositivos distintos.

II.2.2.1. Instrumentos individuais

Entre os instrumentos individuais, os mais importantes, quanto à sua utilização, atualmente, são os seguintes:

II.2.2.1.1. Penetrômetros

São baseados no princípio de penetração na amostra, usualmente com uma sonda do tipo haste terminada em ponta ou do tipo cone, onde é medida a força requerida para uma certa penetração ou a penetração total observada num tempo determinado. A medida obtida é associada com a "dureza" ou "firmeza" do alimento. Um dos penetrômetros mais antigos é o utilizado para frutas ("fruit pressure testers") e tem sido largamente usado para avaliar a maturação de frutos. Outros exemplos são: gelômetro Bloom (para medir poder de gelificação); penetrômetros de cone (penetrômetro da ASTM - American Society for Testing and Materials) e os instrumentos de múltiplas-sondas, tais como, texturômetro Christel e maturômetro, ambos desenvolvidos para testar ervilhas, e tenderômetro Armour, para maciez de carne (Szczesniak, 1973).

Recentemente, Roberston et alii (1984) encontraram que a medida de firmeza de kiwi tanto utilizando o "Magness-Taylor fruit pressure tester (FPT)" como uma célula FPT num Instron da-

vam leituras praticamente idênticas e que se correlacionavam significativamente com os resultados sensoriais. Ressureccion e Shewfelt (1985) utilizaram "Universal Fruit Testing Machine" em ensaios de penetração para medida de firmeza de tomate e encontraram que os valores obtidos apresentavam boa correlação com as medidas sensoriais.

II.2.2.1.2. Compressímetros

Testam a resistência do alimento à compressão, medindo a força necessária para produzir uma dada deformação ou a deformação causada por uma dada força. Por muitos anos, a aplicação mais popular de compressímetros tem sido em medidas de maciez de pães (compressímetro Baker) (Szczesniak, 1973). Kamel et alii (1984) compararam o compressímetro Baker com o Instron Universal Testing Machine (UTM) e concluíram que o primeiro deve continuar sendo usado na indústria de panificação, pois é um aparelho de baixo custo que pode fornecer dados de fácil interpretação. Um exemplo de um compressímetro usando uma peça semi-esférica para comprimir é o "Ball Compressor", desenvolvido para medir a firmeza de queijos; e outro muito especial é o "Firm-o-meter", para medir firmeza de tomate, em que o fruto é comprimido em todo seu perímetro (Szczesniak, 1973).

II.2.2.1.3. Instrumentos de cisalhamento

Os instrumentos utilizados para cisalhamento de sólidos usualmente empregam uma ou várias lâminas. Seu uso mais popular tem sido em trabalhos de textura de carne, onde a força requerida para cisalhar a amostra é associada com a medida quantitativa de sua maciez, e geralmente usando o aparelho de lâmina única Warner-Bratzler. Como exemplo de utilização deste aparelho pode ser citado o trabalho de Paterson e Parrish (1986), que compararam medidas obtidas por este e por uma equipe de análise sensorial, para carnes. Mais recentemente, a medida da força de cisalhamento também tem sido usada para vegetais, frutas, bolos, etc, principalmente com os instrumentos de lâminas múltiplas, tais como o tenderômetro FMC para ervilhas (Pea Tenderometer) e a célula de cisalhamento Kramer, que se acopla aos instrumentos múltiplos (Szczesniak, 1973).

II.2.2.1.4. Instrumentos de corte

São constituídos de arames ou lâminas para cortar a amostra de tamanho padronizado, medindo-se a força máxima requerida ou o tempo gasto para isso. Têm sido usados principalmente para testar carnes, coágulo de queijo e fibrosidade de vegetais, tais como aspargos, embora alguns pesquisadores também tenham usado para testar "firmeza ao corte" de produtos como tomate e abacaxi. Lâminas rotativas também são usadas, como por exemplo o "Rotating-Knife Tenderometer" para quantificar maciez de carne. Suspeita-se que, similarmente ao processo de cisalhamento, no processo de corte as forças envolvidas são de compressão, cisalha-

mento e tensão (Szczesniak, 1973).

Outro exemplo de instrumento de corte é o aparelho Mohr. Apesar de ser geralmente empregado para manteiga, Ney (1985) o utilizou para determinar resistência ao corte em três dimensões, para queijos.

II.2.2.1.5. Masticômetros

Trata-se de instrumentos que medem as propriedades de textura dos alimentos sob condições que imitam a mastigação. Além do texturômetro da General Foods, já citado, também existe o "Volodkevich Bite Tenderometer", que foi provavelmente o primeiro a ser desenvolvido, e o "Masticometer" (Szczesniak, 1973).

II.2.2.1.6. Consistômetros

São instrumentos empíricos para testar alimentos semi-sólidos, mas que basicamente não medem a consistência em seu sentido reológico. A maioria destes instrumentos pode ser separada em duas sub-classes: a dos que medem a distância que o alimento percorre (consistômetros Bostwick e Adams) e a dos que medem a resistência do alimento à rotação de um elemento em forma de pá ou pino (Amilógrafo e Farinógrafo) (Szczesniak, 1973).

Davey e Jones (1985) encontraram que o consistômetro de punção deslissante ("sliding pin consistometer" - SPC) era adequado para as medidas de dureza e extensibilidade de manteiga e margarina, com as vantagens de ser portátil, de fácil e rápida utilização e apresentar boa correlação com as medidas sensoriais.

Num estudo de textura de pescado enlatado, Karl e Schreiber (1985) concluíram que é possível deduzir parâmetros numéricos das curvas obtidas do Farinógrafo Brabender e encontrar correlações com os resultados da análise sensorial de textura. Boas correlações podem ser obtidas com os parâmetros sensoriais de "resposta à primeira mordida" e "sensação na boca depois de mastigação prolongada" e os parâmetros instrumentais do Farinógrafo e do Instron (célula modificada de cisalhamento Kramer).

II.2.2.1.7. Instrumentos de extrusão

A amostra é forçada através de um ou mais orifícios e a força desenvolvida ou a quantidade de material extrudado num determinado tempo é medida e usada como parâmetros de textura como firmeza, consistência e extensibilidade. Estes testes têm sido usados para líquidos viscosos, géis, frutas, hortaliças e gorduras.

II.2.2.1.8. Diversos

Muitos outros instrumentos para usos específicos têm sido criados, como por exemplo, o Alveógrafo, para panificação. Existem instrumentos que embora não meçam propriedades mecânicas, são utilizados para a avaliação instrumental da textura porque medem características do alimento relacionadas com a percepção de textura pelo consumidor. Um exemplo destes instrumentos é o Suculômetro, para suculência dos alimentos (Szczesniak, 1973). Vickers (1984) analisou instrumentalmente os sons registrados durante a mordida e mastigação de alimentos crocantes e concluiu que o nũ-

mero de ruídos agudos de quebra produzidos quando o alimento é mordido é um indicador relativamente bom da medida sensorial da característica de ser crocante. Povey e Harden (1981) também estudaram medida de textura através do som produzido, mas neste caso compararam medidas de velocidade e de atenuação ultrasônicas. Encontraram que as medidas de velocidade ultra-sônica foram as que apresentaram melhor correlação com as medidas sensoriais.

II.2.2.2. Instrumentos múltiplos

Estes instrumentos, que podem ser usados para realizar uma grande variedade de testes de textura, têm alcançado considerável popularidade devido a sua versatilidade, flexibilidade e precisão, além de fornecer, como resultado, o registro de curvas força-distância que permite obter vários parâmetros de textura de uma só medida. Entre eles, o mais popular é o Instron Universal Testing Machine (UTM). Este apresenta um componente móvel, ou "cabeça", que é dirigido para cima e para baixo, sustentado por duas colunas verticais em forma de parafusos, aplicando força sobre a amostra. As velocidades de subida e descida podem ser selecionadas independentemente. Conta com uma série de células de carga (tradutoras de força) que podem ser ajustadas a várias capacidades. Curvas de força-tempo são registradas com exatidão. Grande variedade de sondas e células de teste de textura podem ser adaptadas à esta máquina, possibilitando a realização de quase todos os métodos que têm sido registrados na literatura (Voisey, 1976; Brennan, 1984).

A análise de perfil de textura (TPA) modificado, utilizando o Instron UTM, descrita inicialmente por Bourne (1968), em que

se comprime a amostra duas vezes, entre duas placas planas paralelas, até uma certa porcentagem da sua altura original, fornece informação sobre diversos atributos da qualidade de textura de alimentos e continua sendo muito utilizada em trabalhos recentes, como é o caso de: Brady e Mayer (1985), trabalharam com pão tipo Francês e pão de centeio e encontraram baixas correlações entre as medidas instrumentais e sensoriais; Singh et alii (1985) encontraram que a maioria dos parâmetros de perfil de textura de salsicha tipo "Frankfurt" estão influenciados pelo tratamento de cocção; Santos Garruti e Bourne (1985) estudaram modificações sofridas pelo feijão durante o armazenamento e utilizaram compressão de cada grão de feijão individualmente até a altura de 1,0 mm.

Mpagana e Hardy (1986) avaliaram firmeza, módulos aparentes de elasticidade, fraturabilidade e fragilidade ("brittleness") em queijo tipo Camembert fresco, por testes de compressão uniaxial em amostras cilíndricas.

Brady e Hunecke (1985) estudaram a correlação entre as medidas sensoriais (mastigabilidade, dureza e maciez) e as instrumentais por cisalhamento (parâmetros de firmeza e coesividade), compressão (dureza, coesividade e elasticidade) e penetração (dureza), em textura de carne ("roast beef").

Lee e Patel (1984) utilizaram Instron UTM para analisar suculência de salsichas tipo "Frankfurt" e encontraram alta correlação entre as medidas sensoriais e a quantidade de fluido eliminado durante a compressão a 70% de deformação (2-3 kg/força) por 17 segundos.

Tscheuschner e Markov (1986) adaptaram células especiais de medida ao Instron UTM para medidas de compressão, cisalhamento e força de ruptura durante o teste de hesão ("hesion") em cho

colates.

Fox (1986) comparou a utilização de punção ("pin") e disco para medidas de penetração ("puncture") em salsichas tipo "Frankfurt".

Abu-Shakra e Sherman (1984) avaliaram firmeza de pão por teste de compressão com o Instron UTM e verificaram que os resultados obtidos concordavam com a avaliação sensorial (oral ou por pressão com os dedos), somente em determinadas condições de medidas (velocidade de cabeça maior que 100 cm/min e a 50% de compressão).

Aubert et alii (1984) mediram a resistência da fibra de cenoura adaptando ao Instron UTM uma célula de cisalhamento tipo guilhotina com uma lâmina linear.

O texturômetro Kramer ("Kramer Shear Press" ou "Texture-Test System") não apresenta tanta exatidão quanto o Instron, mas também pode ser uma ferramenta útil e prática que encontra muita aplicação em trabalhos de controle de qualidade (Szczesniak, 1973). Num estudo dos métodos instrumentais para medir a maciez ("tenderness") de carne de frango, Scholtyssek (1985) discutiu os instrumentos utilizados para a avaliação com referência especial a prensa Kramer. Bourne e Comstock (1986) mediram firmeza de muitas frutas e hortaliças enlatadas por punção ("puncture"), extrusão e célula de cisalhamento Kramer.

Outro instrumento de medida de textura considerado como exemplo é o analisador de textura Stevens LFRA. Tem uma capacidade de 1000 g e dispõe de quatro velocidades de descida: 12, 30, 60 e 120 mm/min. Foi descrito inicialmente por Marrs et alii (1980) como um instrumento útil em avaliação de textura de géis, pastas, manteigas e margarinas, geléias e produtos de confeitaria.

Fornece valores de força de gel Bloom ("Bloom gel strength") diretamente e curvas de carga/penetração das quais podem ser obtidos numerosos parâmetros. Estes autores também citaram exemplos de ensaios de penetração com vários produtos. Segundo Bourne (1982), é um útil penetrômetro de propósito geral para alimentos macios. Tem sido utilizado para pastas de carne, espumas, géis e algumas gorduras. O tipo de ensaio a realizar e o tipo de registro obtido com esse instrumento não difere, basicamente, do Instron.

Posteriormente, a mesma empresa fabricou um novo modelo Stevens CR-1000 com capacidade até 50 kg, o que favorece seu uso em uma gama de alimentos mais ampla.

Boyar et alii (1983) utilizaram Stevens LFRA em seu trabalho de textura com sistemas modelos a base de gel (gelatina pura e combinada com outras substâncias).

Angalet (1986) comparou o Stevens com o gelômetro Tarr-Baker para medida de força de gelificação em géis de pectina e concluiu que ambos instrumentos apresentam correlação linear entre resistência à ruptura de gel ("jelly break strength") e conteúdo de pectina; porém, o Stevens oferece as vantagens de menores erros na preparação da amostra e facilidade de calibração.

Além de admitirem a troca de dispositivos, as maiores vantagens da utilização de instrumentos múltiplos são: a velocidade de aplicação da força, que é constante, e, por outro lado, o registro das curvas, de onde podem ser extraídos diversos parâmetros.

II.2.2.2.1. Interpretação de curvas

A leitura dos resultados em forma de curvas é muito mais importante que uma leitura pontual, porque dá informação sobre cada momento do ensaio, permitindo tirar conclusões com muito mais segurança. Porém, a interpretação destas curvas nem sempre é clara e simples. A seguir, é exposta a informação encontrada na literatura sobre a interpretação de curvas para alguns tipos de medidas:

II.2.2.2.1.1. Medidas de resistência à compressão

Um dos trabalhos pioneiros mais importantes em análise de curvas obtidas por teste de compressão é o de análise de perfil de textura (TPA), desenvolvido por Friedman et alii (1963), em que a amostra é comprimida duas vezes, utilizando o texturômetro da General Foods. Bourne (1968) desenvolveu o TPA modificado, utilizando o Instron UTM, que continua sendo aplicado em trabalhos recentes (Figura II.5). No entanto, o que se observa da literatura é que os testes de compressão simples têm tido maior aplicação atualmente.

Segundo Bourne (1976), uma observação visual da amostra que está sendo comprimida, com uma observação simultânea da curva que está sendo registrada, geralmente fornece uma interpretação real da curva obtida. De acordo com este autor, a curva força-deformação (Figura II.6) registrada na compressão de uma maçã inteira entre duas superfícies planas, pode ser interpretada da seguinte maneira:

- a etapa inicial (O - A), em que ocorre um aumento na força com um pequeno grau de compressão, corresponde a deformação

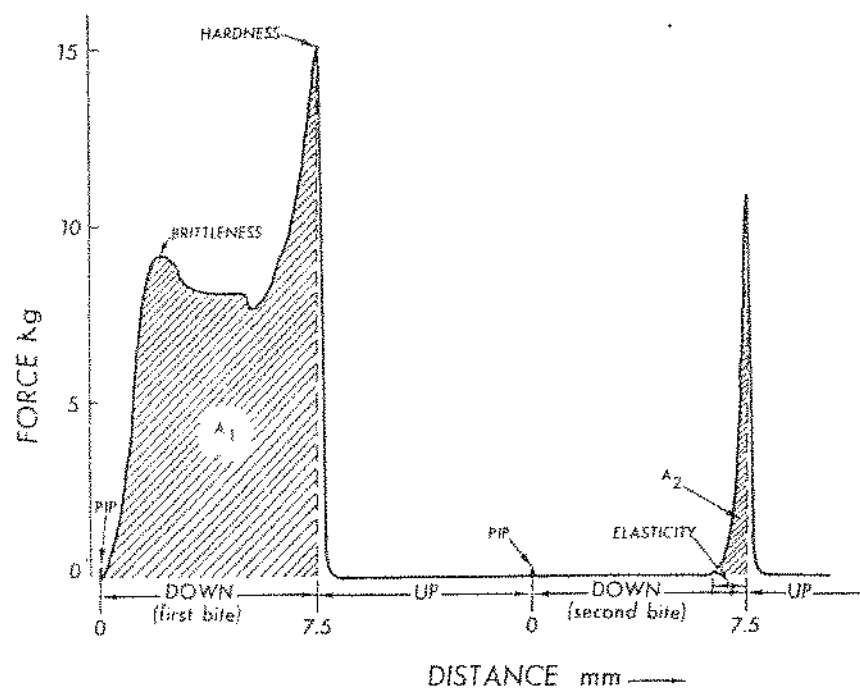


Figura II.5 - Curva típica de perfil de textura obtida com o Instron UTM em peras.

Fonte: Bourne (1968).

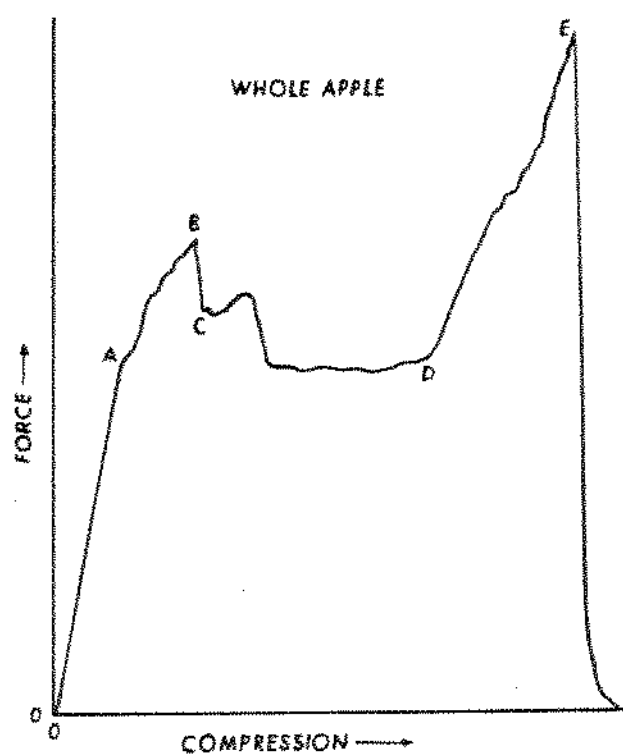


Figura II.6 - Curva força-distância para compressão de uma maçã inteira com o Instron UTM.

Fonte: Bourne (1976).

da maçã e esta não sofre nenhuma danificação física;

- uma quebra na inclinação da curva no ponto A indica que alguma coisa aconteceu, embora não exista nenhum sinal externo, ocorre uma fratura interna;

- o ponto B é o ponto de ruptura da maçã;

- na fase CD, depois da rachadura aumentar, a maçã começa a tornar-se cada vez mais plana;

- o aumento de força de DE é porque a maçã já chegou a um estado em que já está achatada e é necessária mais força para pulverizar a maçã em pequenas partículas.

A interpretação da Figura II.6 é simples se se pode simultaneamente manter um olhar na maçã e um olhar na carta de registros.

Uma curva típica de força-deformação para compressão de alimentos é apresentada na Figura II.7. Como pode ser observado, diversos parâmetros mecânicos podem ser quantificados a partir dessa curva. A inclinação da linha reta inicial (S) é tomada como módulo de elasticidade e é, geralmente, considerada como medida de firmeza. Também podem ser observados dois pontos de inflexão. O primeiro deles (BYP) indica uma ruptura de alguns elementos estruturais no material testado ("bioyield"). O ponto de inflexão final (RP) é o ponto de ruptura, ou seja, a ruptura total do material. Devido ao elemento viscoso na estrutura reológica da maioria dos alimentos, a forma e posição da curva é geralmente influenciada pela velocidade de aplicação da força. De um modo geral, em velocidades mais rápidas de deformação, são necessárias forças mais altas para comprimir o material. Os testes de compressão de alimentos são realizados, em geral, a velocidade de deformação de 2 a 50 cm/min (Szczesniak, 1983).

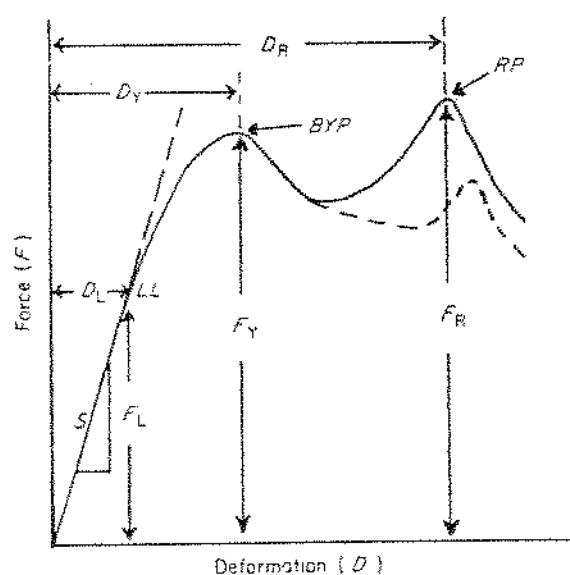


Figura II.7 - Curva generalizada de força-deformação para compressão.

S = módulo de elasticidade;

BYP = ponto de inflexão ("bioyield point");

RP = ponto de ruptura;

LL = limite de elasticidade;

F_L e D_L = força e deformação no limite elástico;

F_Y e D_Y = força e deformação na inflexão;

F_R e D_R = força e deformação na ruptura.

Fonte: Szczesniak (1983).

O módulo de elasticidade, ao mesmo tempo que é um dos parâmetros mecânicos mais importantes, é também o parâmetro em torno do qual tem sido criada maior controvérsia. O "módulo de elasticidade de Young" é uma medida de rigidez e é uma propriedade largamente usada em ensaios de engenharia (Bourne, 1982).

Módulo de elasticidade de Young:

$$E = \frac{\text{pressão de compressão}}{\text{deformação de compressão}} = \frac{F/A}{\Delta L/L},$$

onde E = força, A = área da secção transversal original da amostra, ΔL = deformação correspondente à força F, L = altura inicial da amostra.

Considerando o fato de que em materiais biológicos, mesmo a deformações muito pequenas, parte dessa deformação é sempre irreversível, o problema para a aplicação dessa equação é quais os pontos da curva que devem ser considerados para os cálculos. Uma solução tomada por alguns autores foi considerar a inclinação da curva força-deformação na parte "aproximadamente" linear. Isto pode referir-se a "módulo de deformabilidade" ou "módulo de elasticidade aparente" (Mohsenin, 1970). De acordo com Bourne (1982), a utilização destes termos, que preservam a pureza do significado do módulo de elasticidade, é uma excelente sugestão que deve ser colocada em prática, já que a maioria dos alimentos são mais viscoelásticos que elásticos e são, geralmente, submetidos à grandes compressões nos testes, de forma que a definição estrita do módulo de Young raramente pode ser aplicada. Porém, o conceito do módulo de elasticidade de Young é freqüentemente usado para expressar a proporção pressão-deformação do alimento, sob compressões moderadamente leves e na área da curva força-de-

formação que é linear.

Segundo Fiszman et alii (1983a), os alimentos não se comportam puramente como sólidos, pois incluem em sua composição uma matriz sólida mais ou menos elástica e uma fase líquida que aporta um elemento viscoso à estrutura total. Seu comportamento reológico combina, portanto, características próprias dos sólidos e dos líquidos e denomina-se viscoelástico. A falta de homogeneidade e o grau de complexidade estrutural que, em geral, apresentam os alimentos, fazem com que a relação entre a força aplicada e a deformação resultante seja distinta da que define um sólido "hoookeano". Portanto, de acordo com estes mesmos autores (Fiszman et alii, 1983b), quando se extrai, das curvas em ensaios de compressão, alguns parâmetros que sejam índices do comportamento mecânico do material, deve-se levar em conta que estes parâmetros têm um caráter quase-reológico e não devem identificar-se com os definidos teoricamente. Por isso, o valor da relação pressão-deformação calculado nestas condições não pode identificar-se com o módulo de elasticidade e recebe o nome de deformabilidade.

Entre as definições de termos relacionados com propriedades mecânicas padronizadas pela ASTM, encontra-se a do módulo de elasticidade: a relação entre a pressão e a deformação correspondente, abaixo do limite proporcional, que é a maior pressão que o material é capaz de suportar sem um desvio da proporcionalidade da pressão para deformação (lei de Hooke). Também está incluída a observação de que para materiais em que a relação seja curvilínea mais que linear, um dos quatro termos seguintes podem ser utilizados:

(a) Módulo tangente inicial - inclinação da curva na origem;

(b) Módulo tangente - inclinação da curva num ponto especificado;

(c) Módulo secante - inclinação da secante desde a origem até um ponto especificado;

(d) Módulo corda - inclinação da corda entre dois pontos especificados (Mohsenin, 1970).

A seguir são relacionados alguns exemplos de trabalhos, em que foram medidos parâmetros de textura obtidos das curvas resultantes de testes de compressão. Na maioria dos casos foram utilizados géis, que é o tipo de amostra de maior interesse para o presente trabalho.

Henry et alii (1971) avaliaram 18 tipos de produtos semi-sólidos comerciais por TPA com Instron UTM, obtendo medidas para 12 parâmetros: firmeza, elasticidade, coesividade, gomosidade e mastigabilidade medidas sob compressão; firmeza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade medidas sob tensão após cada compressão; e as duas áreas das curvas sob tensão.

Levitt (1974) avaliou 13 variáveis instrumentais relevantes para as características de textura de sistemas gelificados, sendo que sete delas eram obtidas por testes de compressão com Instron UTM, entre elas: altura do pico, distância do pico, altura mínima, distância mínima, inclinação entre máximo e mínimo e força requerida para 90% de compressão.

Carrol et alii (1984) realizaram um trabalho com géis de k-carragenato e goma garrofin a 1,5% de concentração total em que registraram valores de pressão de ruptura, com testes de compressão com o Instron UTM. Encontraram um sinergismo ótimo a proporção de k-carragenato para goma garrofin de 2:1, ou seja, esta

formulação é a que apresenta mais alto valor de pressão de ruptura.

Daget e Collyer (1984) mediram 18 parâmetros mecânicos com o texturômetro Instron UTM, em seis diferentes géis num estudo de correlação com características sensoriais e entre eles, seis eram medidos com ensaios de dois ciclos de compressão (TPA): resistência à compressão, recuperação elástica, coesividade, mastigabilidade, firmeza sob tensão e elasticidade sob tensão; e três eram medidos por compressão até a ruptura: força de ruptura, deformação até a ruptura e energia até a ruptura (área sob a curva).

Fiszman et alii (1985) avaliaram géis de k-carragenato em ensaios de compressão utilizando Instron UTM, em que se mediram os parâmetros: força máxima de ruptura, módulo de deformabilidade ou de Young aparente e deformação no momento da ruptura.

Cairns et alii (1986) compararam as propriedades mecânicas de géis mistos a 1,5 e 2,0% de concentração total formados por k-carragenato e goma tara ou goma garrofin. Nos ensaios de compressão com Instron UTM, mediram força de ruptura e a 10% de compressão. Encontraram que os valores mais altos de força máxima para os géis de k-carragenato-goma garrofin foram para a relação 2:1 entre as concentrações de ambos hidrocolóides.

Muñoz et alii (1986a) em seu estudo de textura de géis de gelatina a várias concentrações, entre outras propriedades mecânicas, mediram parâmetros por testes com dois ciclos de compressão com o Instron UTM: valores de força para 40%, 70%, ponto de inflexão e 85% de deformação; valores de deformação no ponto de inflexão; coesividade e elasticidade.

Knudsen et alii (1987) estudaram, por ensaios de compressão uniaxial até a fratura com Instron UTM, a relação entre módulo de deformabilidade e pressão de inflexão ("yield stress"), medindo também deformação no ponto de inflexão. Os dois módulos (α_1 e α_2) foram calculados pela inclinação da curva de compressão; α_1 no início (pequenas deformações) e α_2 na parte linear da curva precisamente antes da ruptura do gel.

Rochas e Landry (1987) avaliaram as características reológicas de géis de k-carragenato a várias concentrações, medindo força de ruptura e módulo de elasticidade expresso em (dina/cm²), com Instron UTM.

Fiszman et alii (1987) estudaram o efeito da substituição de distintas proporções de k-carragenato (5, 25, 50 e 75%) por goma garrofin e encontraram que a variação da força máxima das curvas de compressão obtidas com Instron UTM, em função da proporção de goma apresenta um máximo a 50% de substituição, enquanto que, o módulo de deformabilidade (medido na parte da curva aproximadamente linear) é menor para as proporções mais altas de goma.

Baidón et alii (1987), num estudo da influência da adição de gomas de garrofin e de guar em géis de k-carragenato a 1, 1,25 e 1,5%, ao medir a força máxima das curvas nos ensaios de compressão com Instron UTM, encontraram que com a substituição de 50% de k-carragenato por goma garrofin este parâmetro é claramente aumentado, mas se a substituição é de uma mistura em partes iguais de goma garrofin e guar este é inferior a dos géis de k-carragenato de igual concentração.

II.2.2.2.1.2. Medidas de resistência à penetração

De modo geral, entre os trabalhos com ensaios de penetração, são poucos os que apresentam outros parâmetros obtidos da curva força-deformação, além da força máxima ou força de ruptura.

De acordo com Bourne (1982), cinco tipos básicos de curvas podem ser obtidas neste tipo de ensaio. Destas curvas, apresentadas na Figura II.8, nos tipos A, B e C existe um rápido aumento da força numa pequena distância de movimento. Nesse ponto, a amostra é deformada, não existindo penetração nos tecidos. Esse estágio termina com o ponto de inflexão ("yield point" ou "bioyield point") quando começa a penetração no alimento, ocorrendo uma repentina mudança. O estágio inicial de deformação não é de grande importância nos testes de penetração, sendo que o ponto de maior interesse é o da inflexão. A terceira fase, durante a penetração (após a inflexão), separa as curvas em três tipos básicos:

- A, a força continua a aumentar depois da inflexão (inclinação positiva);
- B, a força é aproximadamente constante (inclinação aproximadamente zero);
- C, a força diminui (inclinação negativa).

O tipo A, dependendo da etapa da curva, passa para tipo B, assim como o B passa para C, de modo que, em certos casos, é subjetivo decidir se o tipo de curva é A, B ou C. O tipo de curva A é característica de maçãs recém colhidas; o tipo de curva B é típico em muitas maçãs armazenadas em câmara fria por vários meses e outras frutas macias como pêssegos e peras e o tipo C é

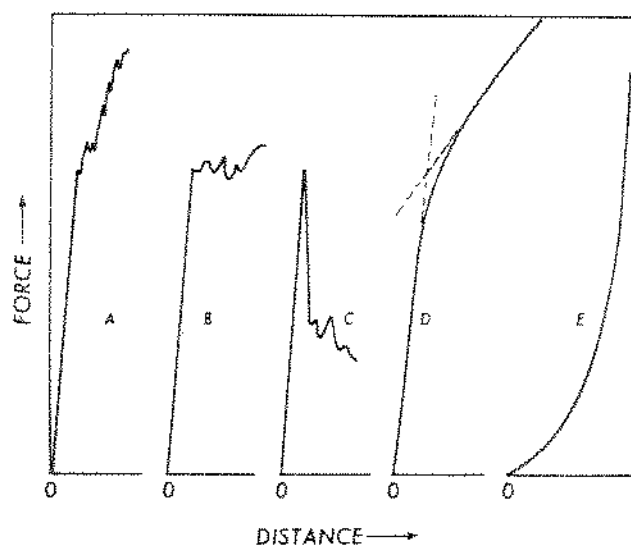


Figura II.8 - Representação esquemática de cinco diferentes tipos de curvas força-distância que são obtidas por testes de penetração.

Fonte: Bourne (1982).

frequentemente encontrado em hortaliças frescas e certas maçãs, e parece estar associado com um tipo de textura "de madeira". Porém, o significado sensorial e físico da diferença entre estes três tipos de curva não é bem compreendido. Fricção do alimento com os lados do dispositivo que penetra contribui para um leve aumento da inclinação positiva num número limitado de casos, porém existem casos (por exemplo, maçãs recém colhidas) onde essa fricção não deve contribuir para o aumento na força depois do ponto de inflexão.

Curvas do tipo D são obtidas para certas pastas de amido, coberturas e espumas. São essencialmente como as do tipo A, com a diferença que o ponto de inflexão não está bem delineado pela mudança brusca da inclinação. A intersecção formada pela extrapolação das duas porções retas da curva tipo D é geralmente um ponto preciso e reproduzível, que pode ser usado como uma espécie de ponto de inflexão ("yield point"), já que o tipo de curva D pode ser considerada como um caso especial do tipo de curva A.

O tipo de curva E, encontrado para certas pastas de amido, não apresenta nenhum ponto de inflexão, comportando-se como a de um líquido viscoso, e dela nenhum resultado com significado pode ser extraído.

Em ensaios de penetração, além do dispositivo cilíndrico, também pode ser utilizado um cone. Tanaka et alii (1971) utilizaram testes de penetração com cone adaptado a um penetrômetro descrito por Voisey e Mac Donald em 1964, para medir propriedades mecânicas de vários alimentos: pastosos (margarina, manteiga, pasta de amendoim), protéicos (queijo processado, queijo cremoso), géis (pudim, gelatina) e fibroso (nabo cozido). Os parâmetros medidos foram: força e pressão para várias distâncias de pe

netração (0,5 cm, 1,0 cm e 1,5 cm) e viscosidade aparente. Das curvas força-distância obtidas para margarina também foi calculado o termo w/h^2 , onde w é o valor da força referente a um ponto na porção reta da curva e h o valor da distância de penetração referente a este mesmo ponto, que, segundo os autores, está relacionado com a dureza do produto.

A seguir são citadas publicações que utilizam testes de penetração, em sua maioria, para avaliar propriedades mecânicas de géis, que são os produtos enfocados no presente estudo.

Rasmussen (1974) utilizou dispositivo de 2,1 cm de diâmetro adaptado ao Instron UTM para avaliar géis de gelatina, agar, carragenato e combinações destes com goma garrofin e goma guar; e das curvas obtidas mediu os seguintes parâmetros: resistência à ruptura (força), coesividade, rigidez e elasticidade.

Christensen e Trudsoe (1980) estudaram o efeito de vários hidrocolóides (goma garrofin, iota-carragenato, pectina de baixa metoxilação amidada, goma xantana) sobre a textura de géis de k-carragenato, utilizando dispositivo de 1,09 cm de diâmetro adaptado ao Instron UTM. Mediram os parâmetros de: força de ruptura, coesividade (distância que o gel deforma antes de romper) e rigidez (como força requerida para 4 mm de deformação do gel).

Marrs et alii (1980) trabalharam com géis de gelatina utilizando o texturômetro Stevens LFRA para penetração com cilindro. Das curvas obtidas, registraram os valores de força necessária para 4 mm de penetração, que foram comparáveis às medidas realizadas com o gelômetro Bloom. Neste mesmo trabalho, registraram valores de resistência à ruptura para géis de agar. Citaram também exemplos de ensaios com Stevens LFRA realizados por outros autores:

- penetração com cilindro em géis de carragenato, de carragenato + tragacanto e de amido, onde foram medidos valores de força de ruptura; em mousse (espuma gelatina/alginato/açúcar), foram medidos valores de força necessária para 4 mm de penetração, e força máxima (do "plateau");

- penetração com cone de 60º em pasta de carne, foram medidos valores de força máxima (do "plateau");

- penetração com cone de 60º para estudo de extensibilidade, foram medidos valores de força a 5 mm de penetração;

- penetração com dispositivo padrão de 2,5 g para dureza de chocolate, onde foram medidos valores de força a 2 mm, 3 mm e 4 mm de penetração.

Rey e Labuza (1981) mediram a força requerida para a ruptura de géis de carragenato, usando o Instron UTM em ensaios de penetração com dispositivo cilíndrico de 5/16" (7,94 mm).

Fry et alii (1981), num estudo sobre sistemas de gelificação de alginato/pectina para geléias de baixo teor de sólidos, realizaram ensaios de penetração com cilindro de 12,5 mm de diâmetro utilizando o Stevens LFRA. Mediram os seguintes parâmetros:

- força máxima de ruptura, como indicador de força do gel ("gel strength");

- penetração de ruptura (em mm), como a medida de deformabilidade;

- força de patamar ("plateau load"), como a média da força registrada durante a penetração;

- a relação força máxima/penetração de ruptura, como a inclinação que representa a rigidez.

Boyar et alii (1983) utilizaram o texturômetro Stevens LFRA para ensaios de penetração em géis de gelatina com dispositivo cilíndrico de 12,7 mm. Extraíram das curvas força-distância o pa-râmetro rigidez, como o gradiente médio da região inicial da curva (inclinação da linha reta entre os pontos a 10% e 90% da for-ça de ruptura).

Daget e Collyer (1984) realizaram ensaios de penetração com cone de 30°, medindo a força a 20 mm, e penetração com cone truncado de ponta chata, de 2,1 cm de diâmetro e 1,5 cm de altu-ra. Mediram a força máxima, distância penetrada para chegar a força máxima, rigidez (como a relação entre força máxima e dis-tância de penetração) e elasticidade ("springness") (como incli-nação da curva força-distância imediatamente depois de passar a força máxima).

Gerdes et alii (1987) mediram a força requerida para rom-per a superfície de géis de pectina, carragenato e alginato e suas combinações, por penetração de um cilindro de 7,94 mm adap-tado ao Instron UTM.

II.2.2.2.1.3. Medidas de resistência ao corte

Para este tipo de ensaio, não foi encontrado na literatu-ra nenhum estudo mais genérico de interpretação das curvas obti-das. Porém, um comentário que pode servir de base para uma inter-pretação é o de Voisey e de Man (1976) com relação às curvas ob-tidas com o medidor de tensão de coágulo Cherry-Burrell, utiliza

do em laticínios. A força máxima atingida quando o coágulo é cortado por uma lâmina circular é utilizada como índice de tensão do coágulo. Posteriormente, esse instrumento foi comercializado para avaliação de géis. Existe um problema com a interpretação dos registros força-deformação. Com muitos géis a força aumenta quase linearmente enquanto a lâmina comprime a superfície do gel até que seja gerada suficiente pressão ("stress") à aresta da lâmina para romper o gel. Essa ruptura é causada, mais provavelmente, por tensão, já que a superfície do gel se curva sobre a aresta da lâmina. Quando a lâmina penetra no gel, a força geralmente se mantém constante, enquanto o gel é cortado e flui pela lâmina (Figura II.9). Flutuações de força durante este processo indicam a homogeneidade do gel. O índice normalmente usado para caracterizar o gel é a média ou o máximo de força durante o corte. As leituras são obviamente afetadas pelas propriedades de fluxo do gel e a força média, além de relacionar-se com estas propriedades, também relaciona-se com a coesividade e adesão.

Outros géis, como pudins, por exemplo, ao serem avaliados com o Cherry-Burrell, produzem outro tipo de curva (Figura II.10), onde a ruptura é indicada somente pela mudança na inclinação da curva. Este tipo de curva pode ser interpretada da seguinte maneira:

(1) Inclinação da primeira porção reta indica propriedades de elasticidade interpretadas como firmeza (g/cm);

(2) Ponto em que a linha começa a ser não linear indica a ruptura ("yield point") e dá um índice de coesividade;

(3) A força máxima (P), que coincide com o ponto em que a lâmina foi parada, é um índice relacionado com compressão, ruptura, adesão e fluxo do pudim durante o corte;

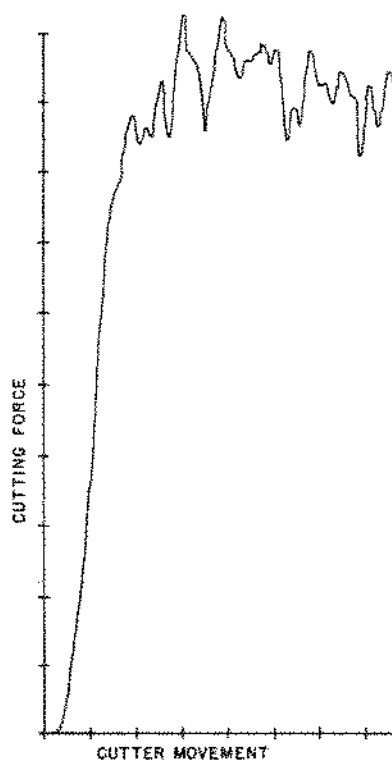


Figura II.9 - Registro típico obtido com o instrumento de corte Cherry-Burrell em testes de gel de leite.

Fonte: Voisey e de Man (1976).

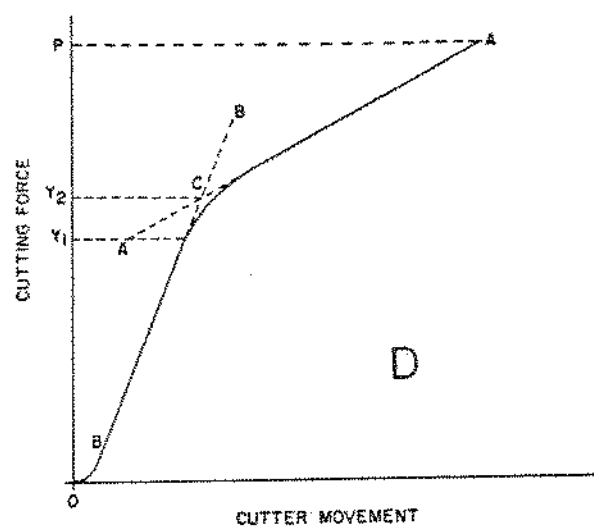


Figura II.10 - Registro típico obtido com o instrumento de corte Cherry-Burrell em testes de pudim.
Fonte: Vosey e de Man (1976).

(4) A inclinação da segunda porção linear é um índice de consistência e adesividade. Esse processo interpretativo pode ser seguido com outros instrumentos de corte para obter dados com significado relativos a textura.

Um exemplo de trabalho em que foram realizados ensaios de resistência ao corte com géis é o de Muñoz et alii (1986a). Géis de diferentes concentrações de gelatina foram cortados 18 mm (90% de deformação), usando uma lâmina de aço inoxidável (1,7 mm de espessura e 44,5 mm de comprimento). Os parâmetros medidos foram: força de ruptura e força a 90% de deformação e uma relação força-deformação ("shear force-deformation") antes da ruptura e outra depois. Em outro trabalho, destes mesmos autores, (Muñoz et alii, 1986b), foram realizados os mesmos ensaios, porém os parâmetros medidos foram um pouco distintos: força de ruptura, força máxima (80% de deformação) e deformação até ruptura.

Como mencionado no princípio desta revisão bibliográfica, a textura sensorial não é uma característica, mas sim um conjunto de atributos. Porém, na prática, para o controle de qualidade de determinados alimentos pode haver um atributo predominante. Nestes casos, a medida objetiva da textura pode ser realizada de forma econômica com instrumentos individuais, muitos deles de baixo custo e de uso simplificado. Por outro lado, para um controle mais amplo e mais cuidadoso, podem ser utilizados vários instrumentos individuais ou um instrumento múltiplo, que em certos casos, pode resultar mais econômico.

III - MATERIAL E MÉTODOS

III.1 - MATERIAL

III.1.1. Matéria Prima

Hidrocolóides: produtos comerciais da marca "Hercules" fornecidos pela indústria Ceratonia S.A. (Tarragona, Espanha), mais especificamente: Genugel UPC (k-carra-genato), Cesagum nº 1 (goma garrofin) e THI/225 (goma guar).

Álcool iso-propílico p.a.: densidade = 0,78 g/ml, pureza = 99%, da marca PANREAC, Barcelona, Espanha.

Cloreto de potássio (KCl) p.a.: pureza = 99%, da marca PANREAC, Barcelona, Espanha. Utilizado como solução a 0,5% p/v.

Água destilada.

III.1.2. Fabricação dos Géis

Para a preparação dos géis, os componentes secos (hidrocolóides) foram umedecidos com álcool iso-propílico para facilitar sua dispersão com a solução de KCl 0,5%. Sob agitação manual, as amostras foram aquecidas até ebulição, observando-se total dissolução de seus componentes. A seguir, a água evaporada foi repostada, adicionando-se água destilada até alcançar o peso anterior ao

aquecimento e as amostras foram transferidas para recipientes apropriados de acordo com a análise a ser realizada. Para a completa gelificação, as amostras foram mantidas um mínimo de 12 h a temperatura entre 4 e 6°C e a umidade relativa de 100%, obtida dentro de recipientes fechados e com um pouco de água no fundo. Todas as medidas foram realizadas à temperatura ambiente, após a espera do devido tempo para o equilíbrio da temperatura dos géis.

Os géis foram preparados a duas concentrações totais de hidrocolóides: 0,5 e 0,75% p/p. Para cada uma destas concentrações, parte do k-carragenato (0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 ou 70%) foi substituída por goma garrofin ou por uma mistura de goma garrofin e goma guar em partes iguais, obtendo-se um total de 30 distintas formulações que são apresentadas na Tabela III.1.

III.1.3. Instrumentos

III.1.3.1. Texturômetro Stevens LFRA

Descrito por Marrs et alii (1980), Stevens LFRA (Figura III.1) foi desenvolvido por C. Stevens & Son Ltda (Hertshire, Inglaterra) em conjunto com a "Leatherhead Food Research Association", para ser capaz de realizar o teste padrão Bloom e vários outros testes onde o dispositivo adaptado é pressionado sobre ou dentro do produto. É um penetrômetro de precisão de velocidade constante, que tem como capacidade máxima 1000 g (de -1000g a +1000g). A distância de penetração pode ser selecionada de 1 a 29 mm, em incrementos de 1 mm, e a velocidade de aplicação da força entre 0,2; 0,5; 1,0 e 2,0 mm/s. Pode ser operado por três distin-

Tabela III.1 - Composição das amostras de géis de k-carragenato com as diversas substituições de goma garrofim (G) e da mistura de goma garrofim e goma guar (GG).

Concentração Total	% Goma Substituída	Nº	% k- -carra genato	% Goma Garrofim	% Goma Guar
0,5%	0%	1	0,5	-	-
	10% G	2	0,45	0,05	-
	20% G	3	0,4	0,1	-
	30% G	4	0,35	0,15	-
	40% G	5	0,3	0,2	-
	50% G	6	0,25	0,25	-
	60% G	7	0,2	0,3	-
	70% G	8	0,15	0,35	-
	10% GG	9	0,45	0,025	0,025
	20% GG	10	0,4	0,05	0,05
	30% GG	11	0,35	0,075	0,075
	40% GG	12	0,3	0,1	0,1
	50% GG	13	0,25	0,125	0,125
	60% GG	14	0,2	0,15	0,15
	70% GG	15	0,15	0,175	0,175
0,75%	0%	16	0,75	-	-
	10% G	17	0,675	0,075	-
	20% G	18	0,6	0,15	-
	30% G	19	0,525	0,225	-
	40% G	20	0,45	0,3	-
	50% G	21	0,375	0,375	-
	60% G	22	0,3	0,45	-
	70% G	23	0,225	0,525	-
	10% GG	24	0,675	0,0375	0,0375
	20% GG	25	0,6	0,075	0,075
	30% GG	26	0,525	0,1125	0,1125
	40% GG	27	0,45	0,15	0,15
	50% GG	28	0,375	0,1875	0,1875
	60% GG	29	0,3	0,225	0,225
	70% GG	30	0,225	0,2625	0,2625

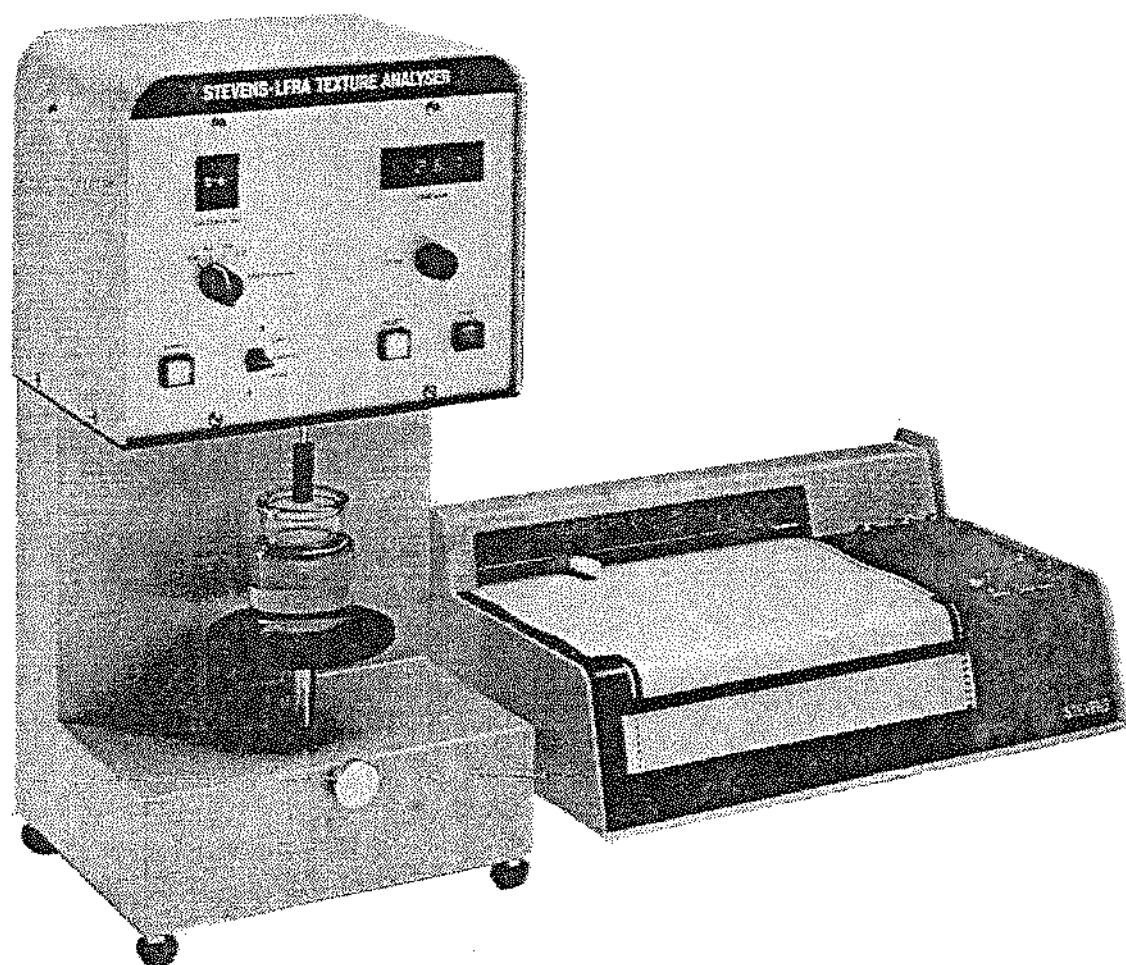
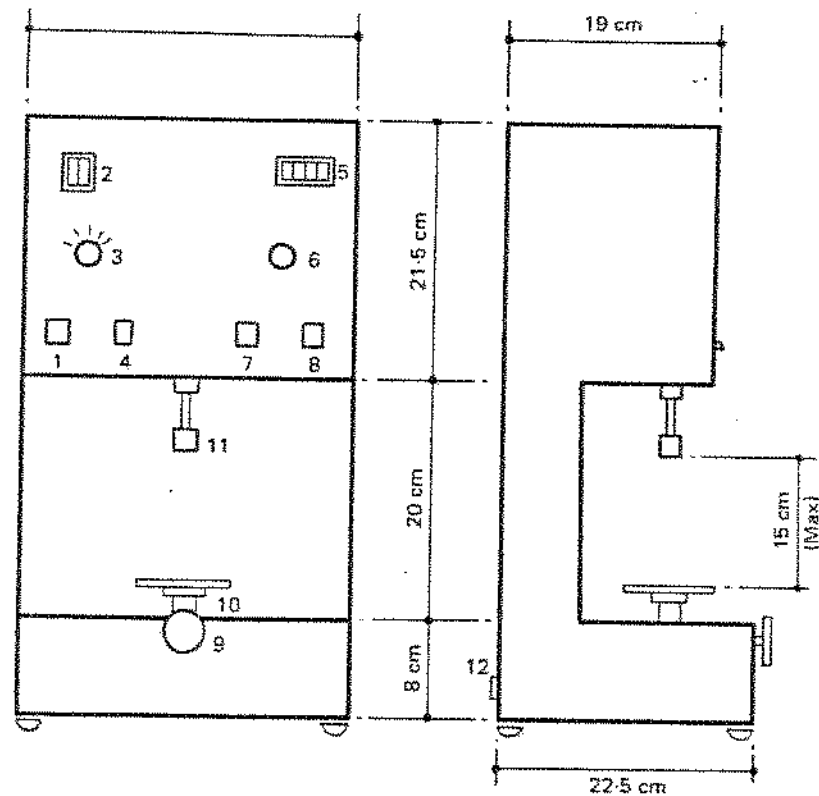


Figura III.1 - Texturômetro Stevens LFRA e registrador das curvas força-distância.

tos modos: Normal, para penetração simples; Ciclo, para repetidas penetrações; e Parado ("hold"), para registrar a força dissipada à distância constante de penetração (Figura III.2.(4)). A plataforma para a amostra (Figura III.2.(10)) pode ser subida ou baixada, para reduzir a distância entre a amostra e o dispositivo de teste. A cabeça pode descer a 4,5 mm/s até tomar contato com a amostra e exercer uma força de 5 g contra ela, quando começa a percorrer a distância pré-determinada, à velocidade escolhida. Desta forma, o tempo de teste se vê reduzido ao mínimo. Um marcador digital (Figura III.2.(5)) registra e mostra a força que o dispositivo exerce (positiva ou negativa) a cada momento do ensaio.

Além disso, a força também pode ser acompanhada em função da distância de penetração (e tempo quando é utilizado o modo Parado) usando um registrador de carta (Figura III.1). Numerosos tipos e tamanhos de dispositivos (cilíndrico, cônico, agulha, esférico, plano, etc.) podem ser acoplados, permitindo a realização de diversos testes para estudos de textura com agentes gelificantes, assim como avaliar extensibilidade de manteiga, margarina, queijo processado, pastas de carne e outras; dureza de chocolate; textura e consistência de espumas; firmeza de massa de pão; viscosidade de óleo de alcatrão e ceras.



1. Interruptor de conectar à rede elétrica.
2. Controle para pré-selecionar a distância de penetração.
3. Botão para a seleção da velocidade de penetração.
4. Controle do modo de operação: Normal, Ciclo e Parado.
5. Marcador digital.
6. Botão de ajuste do ZERO.
7. Botão de reajuste.
8. Botão de partida.
9. Parafuso de ajuste da altura da plataforma circular onde se coloca a amostra.
10. Eixo para obter altura adicional da plataforma.
11. Dispositivo.
12. Tomada de saída para o registrador.

Figura III.2 - Esquema do Stevens LFRA e suas especificações.

III.1.3.2. Instron Universal Testing Machine (UTM)

Este equipamento (Figura III.3), modelo 6021, fabricado por Instron Limited (Buckinghamshire, Inglaterra), tem capacidade máxima de 5 KN (49.000 Kgf). Consta de um corpo que compreende uma unidade de base e duas colunas, um sistema medidor de força e um microcomputador. Um sistema eletrônico desloca, com um motor, uma cabeça de forma ascendente e descendente por duas roscas sem fim, que servem de guia, e controla a sua posição. Este deslocamento pode ser realizado a qualquer velocidade dentro do intervalo de 0,05 a 1000 mm/min. Uma larga variedade de dispositivos pode ser acoplada à cabeça para a realização de diversos testes de compressão ou tração, a distintos intervalos de força com as células de carga (células de medida de força) disponíveis, de 10, 100, 1000 e 5000 N.

Uma unidade de controle manual, ligada ao corpo (Figura III.4.(2)), move a cabeça (por controle remoto) até a posição requerida para o início dos ensaios. A partir deste momento, o controle do movimento da cabeça pode ser efetuado através do microcomputador. A posição inicial, cuja informação é transmitida por um dispositivo eletrônico de duas fases de referência, é tomada como ponto de partida da cabeça para fixar a distância percorrida durante os ensaios. Além dessa, todas as outras condições de medida, tais como, velocidade de descida da cabeça, intervalo de carga, etc., também são ordenadas a partir do microcomputador, que igualmente realiza a calibração da célula de força.

A informação da posição da cabeça e da força medida pela célula em cada momento do teste é transmitida ao microcomputador, que fornece comunicação entre o operador, o corpo e qualquer outro acessório usado para registrar (como, por exemplo, o regis-

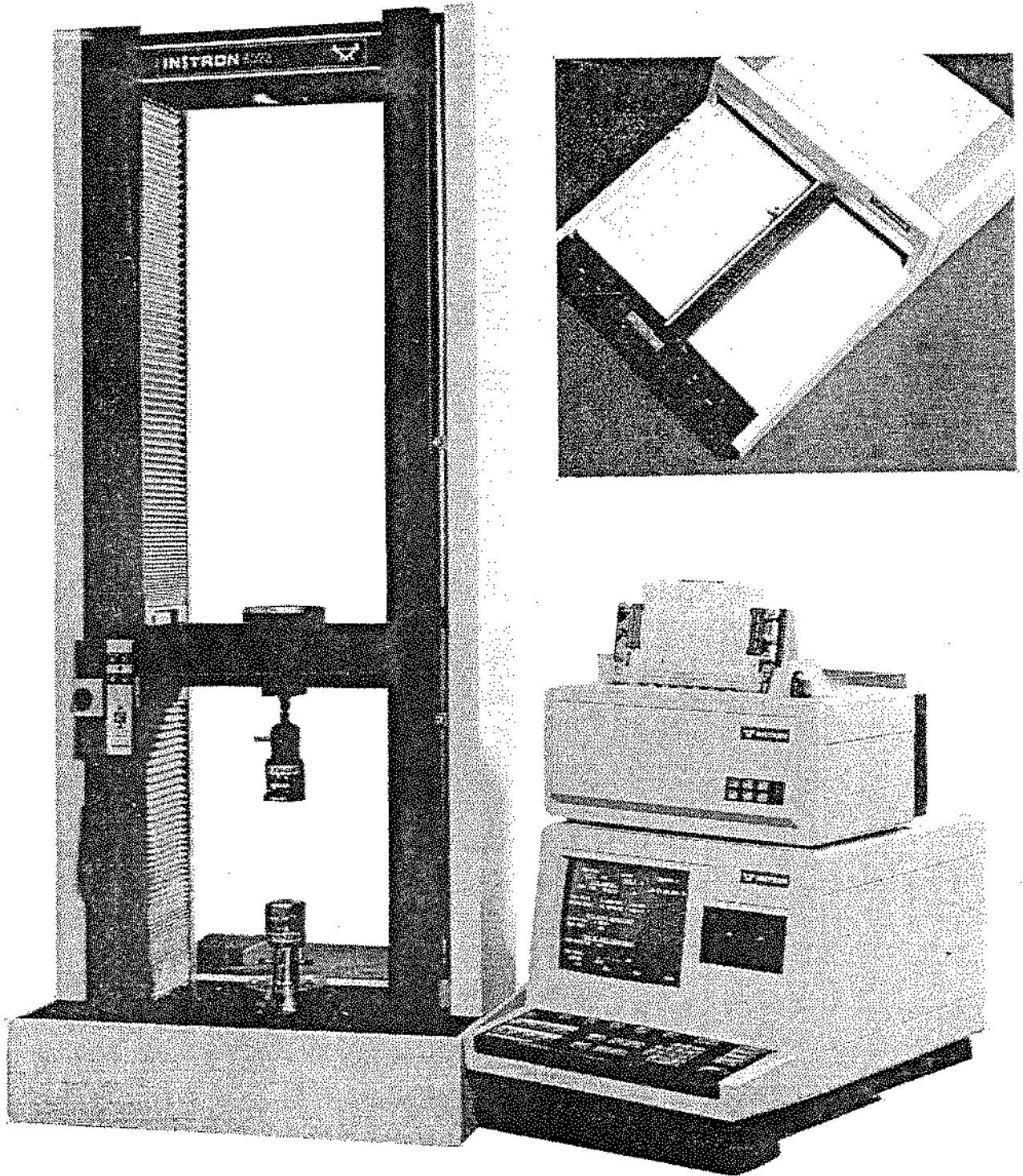
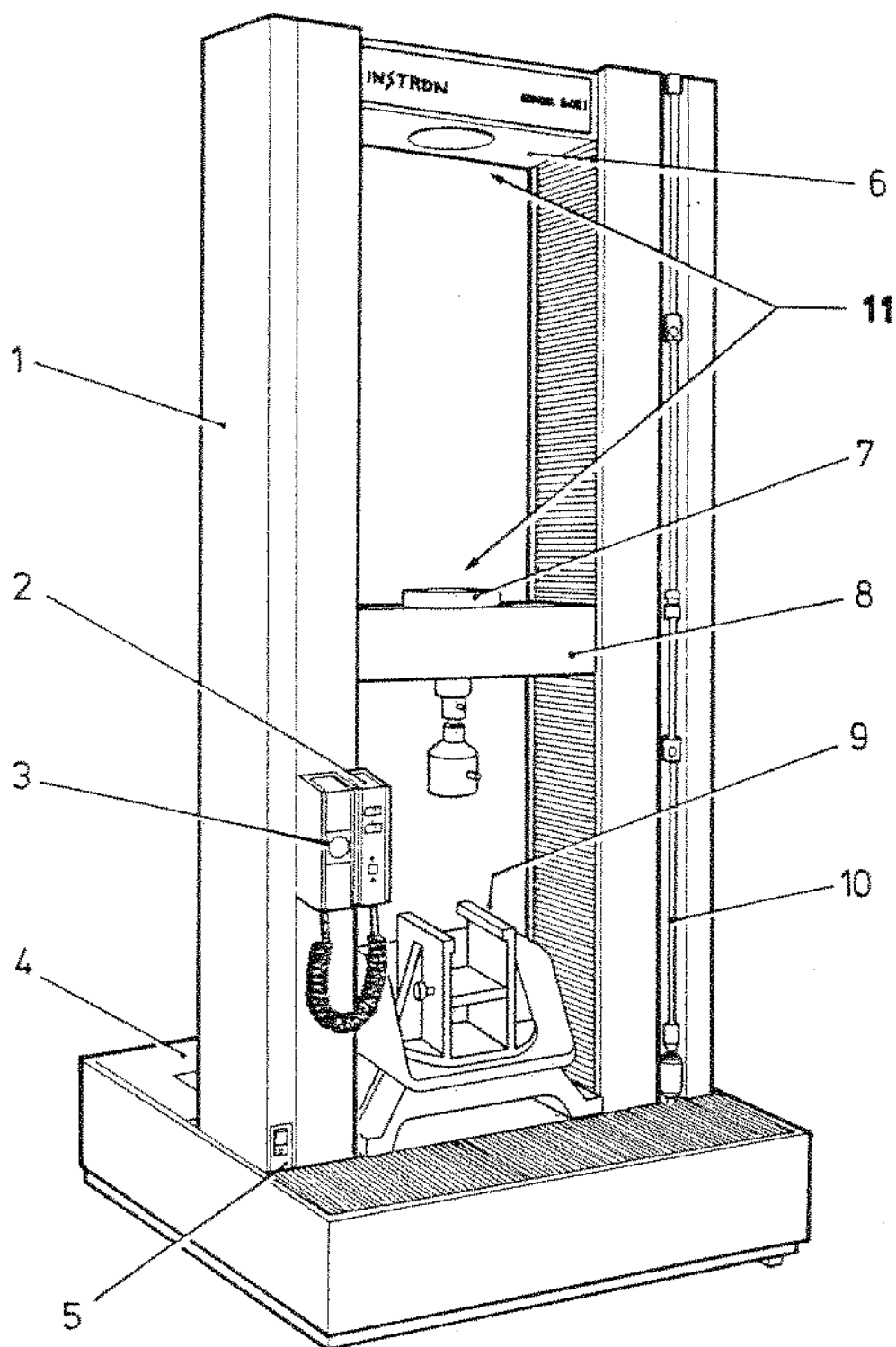


Figura III.3 - Instron UTM e microcomputador.



1. Coluna
2. Unidade de controle manual
3. Botão de parada de emergência
4. Base do corpo
5. Interruptor de conexão principal
6. Local de adaptação da cabeça fixa
7. Célula de carga
8. Cabeça móvel
9. Plataforma onde se coloca a amostra
10. Limites de parada e barras guias
11. Adaptador da cabeça

Figura III.4 - Esquema do Instron UTM e suas especificações.

trador de curvas - "plotter"), imprimir ou calcular resultados dos testes.

Para os ensaios realizados neste trabalho, foi utilizado um registrador para acompanhar o tipo de curva obtida para as diversas amostras, porém os valores dos parâmetros medidos foram impressos diretamente como saída do microcomputador.

III.2 - MÉTODOS

III.2.1 - Métodos Instrumentais

As medidas das características mecânicas foram realizadas com todas as 30 amostras da Tabela III.1.

III.2.1.1. Medidas de resistência à penetração

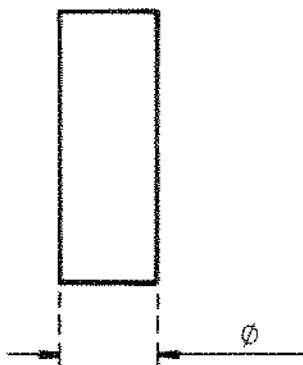
(a) Condições de Teste

Os ensaios de resistência à penetração foram realizados com o texturômetro Stevens LFRA. Os dispositivos utilizados para penetrar a amostra foram os seguintes:

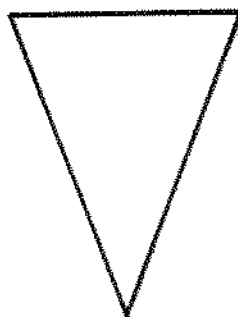
- cilindro padrão AOAC (Association Official Analytical Chemistry), de 1/2" (1,274 cm) de diâmetro (TA-10) (Figura III.5a);

- cone de 40° (TA-16) (Figura III.5.b).

A distância selecionada para penetração da amostra foi de 20 mm, a velocidade dessa penetração foi de 0,5 mm/seg (ou 30 mm/min) e a velocidade do papel de registro 60 mm/min. Todas as me



(a) Cilindro AOAC standard (TA-10)
 $\phi = 1/2"$



(b) Cone de 40° (TA-16)

Figura III.5 - Dispositivos utilizados nos ensaios de resistência a penetração. (a) cilindro; (b) cone.

didas foram realizadas com quatro determinações.

(b) Preparação da Amostra

Para os testes de penetração, as amostras foram mantidas nos mesmos recipientes em que foram gelificadas, de vidro pirex de forma cilíndrica de 6,5 cm de diâmetro e 3,5 cm de altura. Em cada amostra foi realizada uma penetração com cone no centro e duas com cilindro, sendo uma de cada lado, equidistante da borda do recipiente e do centro (Figura III.6).

(c) Interpretação da Curva

Em cada uma das curvas força-distância obtidas para estes ensaios (Figura III.7) foram medidos os seguintes parâmetros:

- penetração com cilindro: força máxima (em Newtons), coesividade (em cm), obtida pela distância percorrida na amostra até sua ruptura; rigidez (em N/cm), como a relação entre força máxima e coesividade; e elasticidade (em N/cm) como a inclinação da curva imediatamente depois do ponto de ruptura (Figura III.7. a). A análise desta curva foi baseada no trabalho de Daget e Collyer (1984);

- penetração com cone: força registrada a 20 mm de penetração na amostra (em Newtons) (Figura III.7.b).

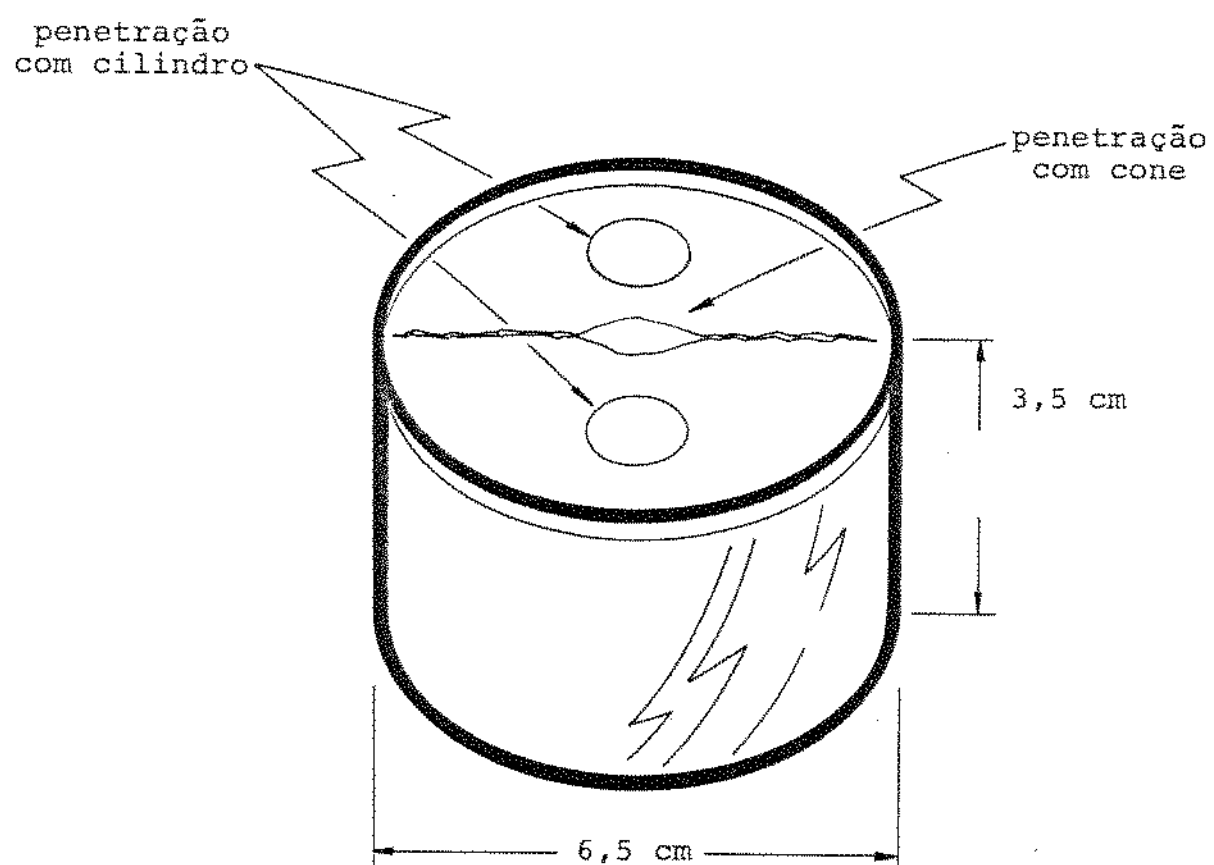
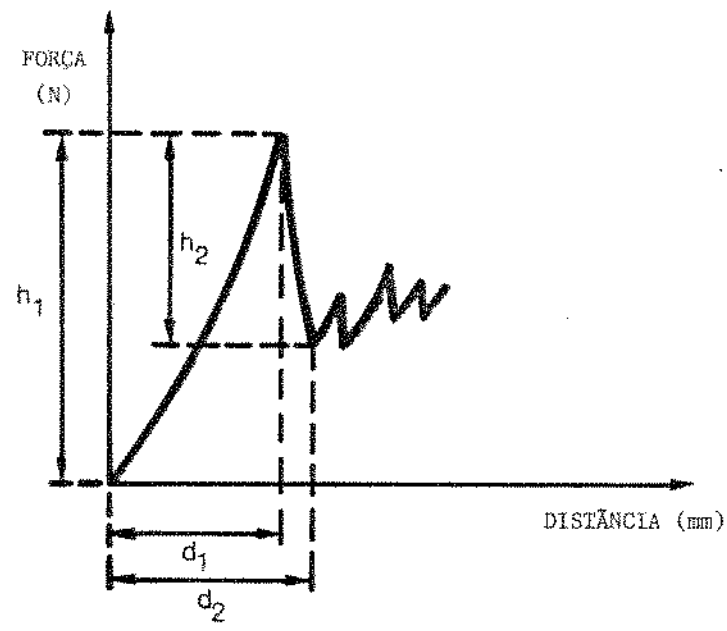
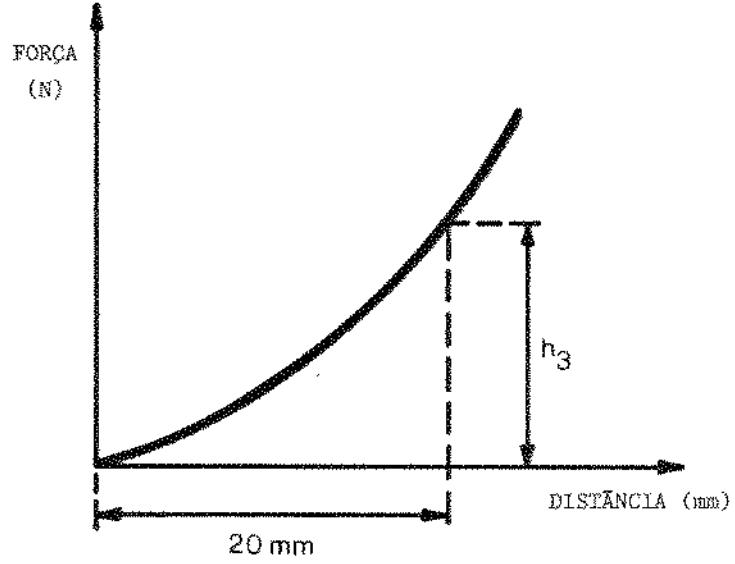


Figura III.6 - Amostras dos ensaios de penetração.



Força máxima = h_1 Coesividade = d_1
 Rigidez = h_1/d_1 Elasticidade = $h_2/(d_2 - d_1)$

(a) Penetração com Cilindro



Força de penetração = h_3

(b) Penetração com Cone

Figura III.7 - Curvas típicas de força-distância e parâmetros registrados para os testes resistência à penetração. (a) cilindro; (b) cone.

III.2.1.2. Medidas de resistência ao corte

(a) Condições de Teste

Assim como os ensaios de resistência à penetração, estes também foram realizados com o texturômetro Stevens LFRA, mantendo inclusive as mesmas condições de teste.

Os dispositivos utilizados para os testes de resistência ao corte foram os seguintes:

- fio metálico de 0,013" (0,33 mm) de diâmetro (TA-26) (Figura III.8.a);
- lâmina de metacrilato com 2,5 mm de espessura com a borda de corte terminando em um ângulo aproximado de 45° (TA-7) (Figura III.8.b).

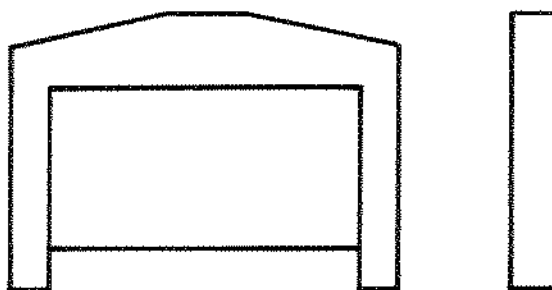
(b) Preparação da Amostra

As amostras submetidas aos ensaios de resistência ao corte, após a gelificação nos mesmos recipientes utilizados para os ensaios de resistência à penetração, foram cortadas em forma de paralelepípedos de aproximadamente 2,0 x 2,0 x 3,0 cm, sendo que o corte era realizado na face quadrada de maneira a dividir a amostra em dois paralelepípedos iguais (Figura III.9).

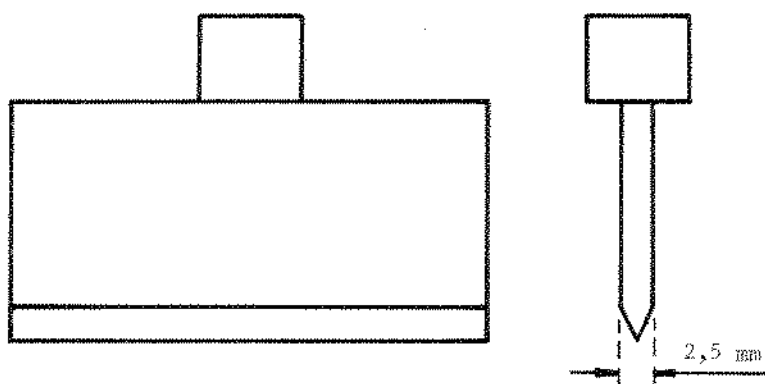
(c) Interpretação da Curva

Das curvas de força-distância obtidas para os ensaios de resistência ao corte (Figura III.10) foram extraídos os seguintes parâmetros:

- corte com fio: força máxima, coesividade e rigidez, me-



(a) Fio Metálico (corte) (TA-26)
 $\phi = 0,013''$



(b) Lâmina (TA-7)

Figura III.8 - Dispositivos utilizados nos ensaios de resistência ao corte. (a) fio; (b) lâmina.

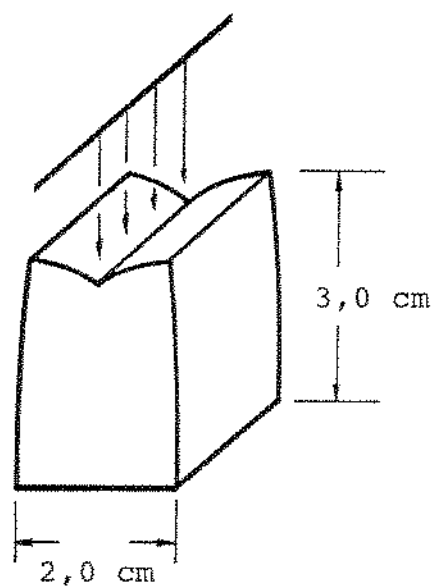
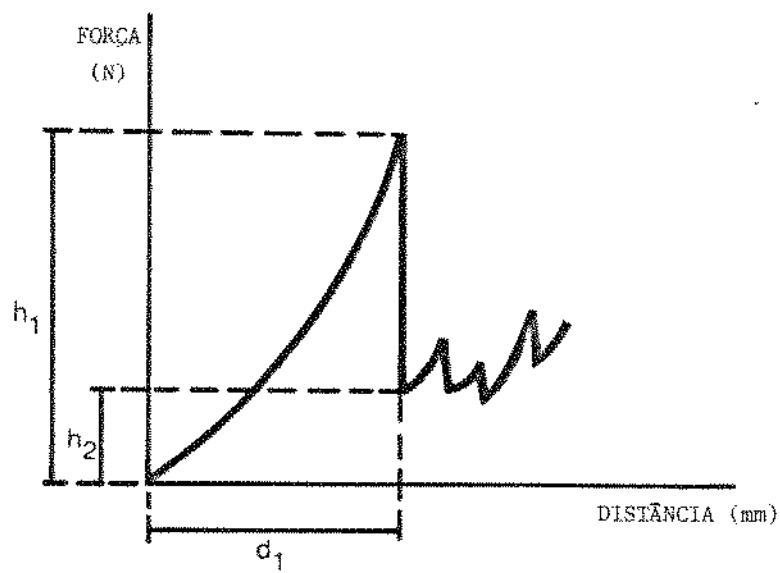
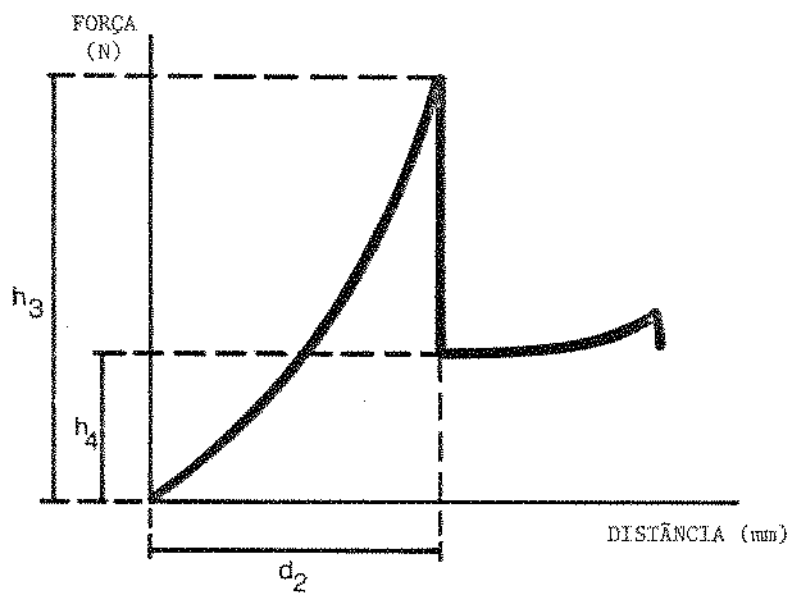


Figura III.9 - Amostras dos ensaios de corte.



Força máxima = h_1 Coesividade = d_1
Rigidez = h_1/d_1 Força de patamar = h_2

(a) Corte com Fio



Força máxima = h_3 Coesividade = d_2
Rigidez = h_3/d_2 Força de patamar = h_4

(b) Corte com Lâmina

Figura III.10 - Curvas típicas de força-distância e parâmetros registrados para os testes de resistência ao corte. (a) fio; (b) lâmina.

didos de forma análoga à que se utilizou para o ensaio de penetração com cilindro; e força de patamar (em Newtons) como a força registrada ao final da caída de força após a ruptura (Figura III.10.a);

- corte com lâmina: força máxima, coesividade, rigidez e força de patamar, ou seja, os mesmos parâmetros extraídos das curvas de corte com fio, pois as curvas obtidas em ambos os tipos de ensaio são muito similares (Figura III.10.b).

III.2.1.3. Medidas de resistência à compressão

(a) Condições de Teste

O equipamento utilizado para os ensaios de resistência à compressão foi o Instron UTM. As amostras foram comprimidas entre uma placa plana e um pistão também plano de 55 mm de diâmetro (Figura III.11). Entre a amostra e as superfícies da placa e do pistão foi colocado papel de filtro úmido. O pistão comprimia apenas uma vez cada amostra (compressão uniaxial), deformando-a aproximadamente 75%, ou seja, ultrapassando o ponto de ruptura em todos os casos, a uma velocidade de 30mm/min. A célula de carga utilizada foi de 100 N de capacidade.

(b) Preparação da Amostra

As amostras foram preparadas de acordo com método sugerido por Durán et alii (1987), em seu trabalho com géis de agarosa. Foram cortados cilindros de 17 mm de diâmetro por 17 mm de altura, utilizando um cortador especial de forma cilíndrica de aço inoxidável de paredes finas e borda afiada, desenhado especial-

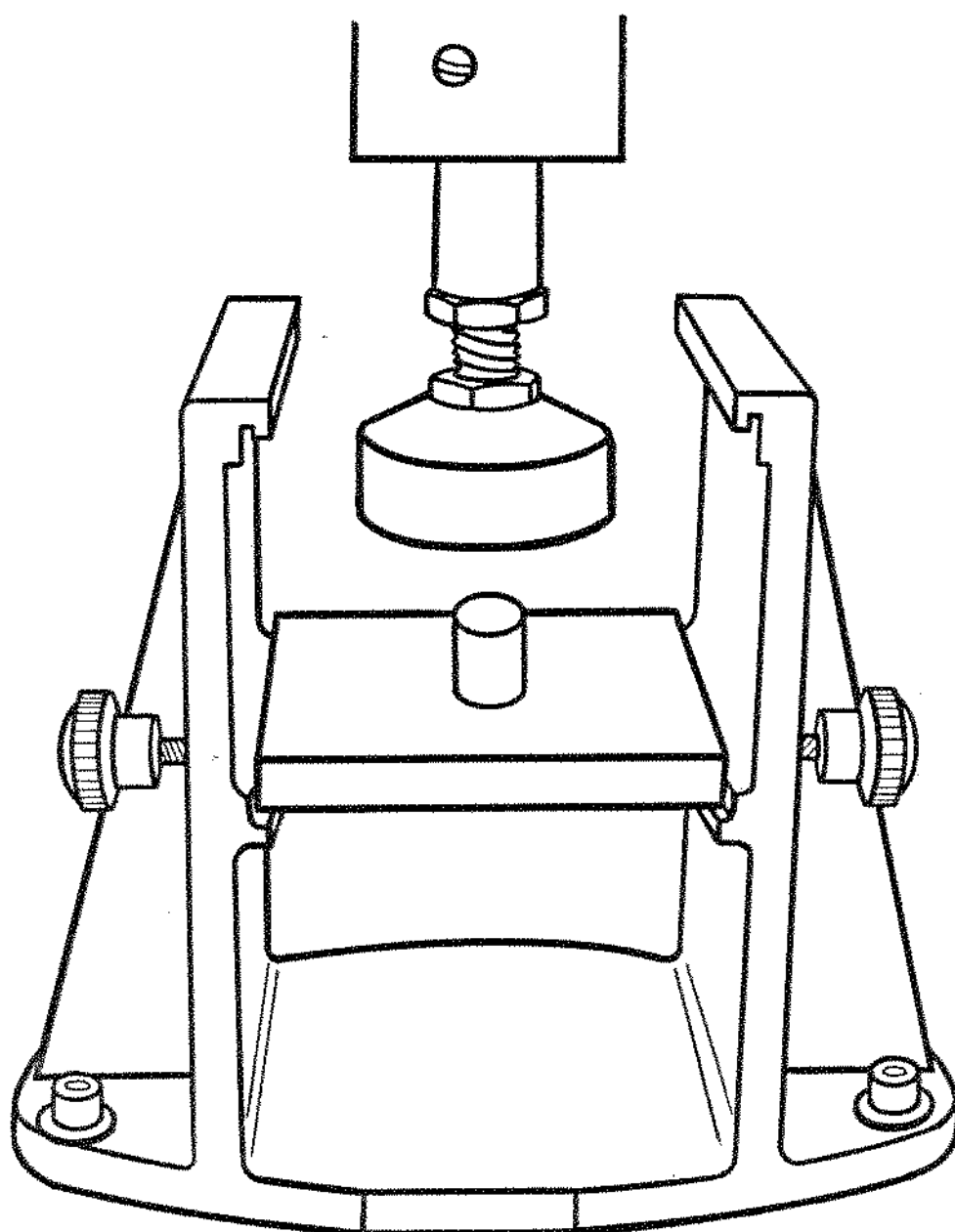


Figura III.11 - Dispositivo utilizado nas medidas de resistência à compressão.

mente para este propósito. Para obter uma altura uniforme em todos os cilindros, estes foram colocados dentro de um anel de aço inoxidável e foram cortadas as bases com uma lâmina muito fina, obtendo-se um grande paralelismo entre elas (Figura III.12).

(c) Interpretação das Curvas

Os parâmetros extraídos das curvas obtidas nos ensaios de compressão (Figura III.13) foram os seguintes:

- força máxima: força de ruptura da amostra, expressada em Newtons;

- módulos de elasticidade (E_1 e E_2): inclinação da curva pressão-deformação entre 10 e 20% de deformação (E_1) e entre 20 e 30% de deformação (E_2), obtida pelo cálculo das cordas entre cada par de pontos, expressada em N/mm^2 ;

- energia de ruptura: área sob a curva desde o início da compressão até a ruptura, expressada em Joules;

- deformação de ruptura: porcentagem em que a amostra se encontra deformada no momento da ruptura.

Todos os valores destes parâmetros foram calculados pelo microcomputador do equipamento Instron UTM (Manual de Aplicação do Programa - Catálogo Nº 6100-001/A 2B, 1985).

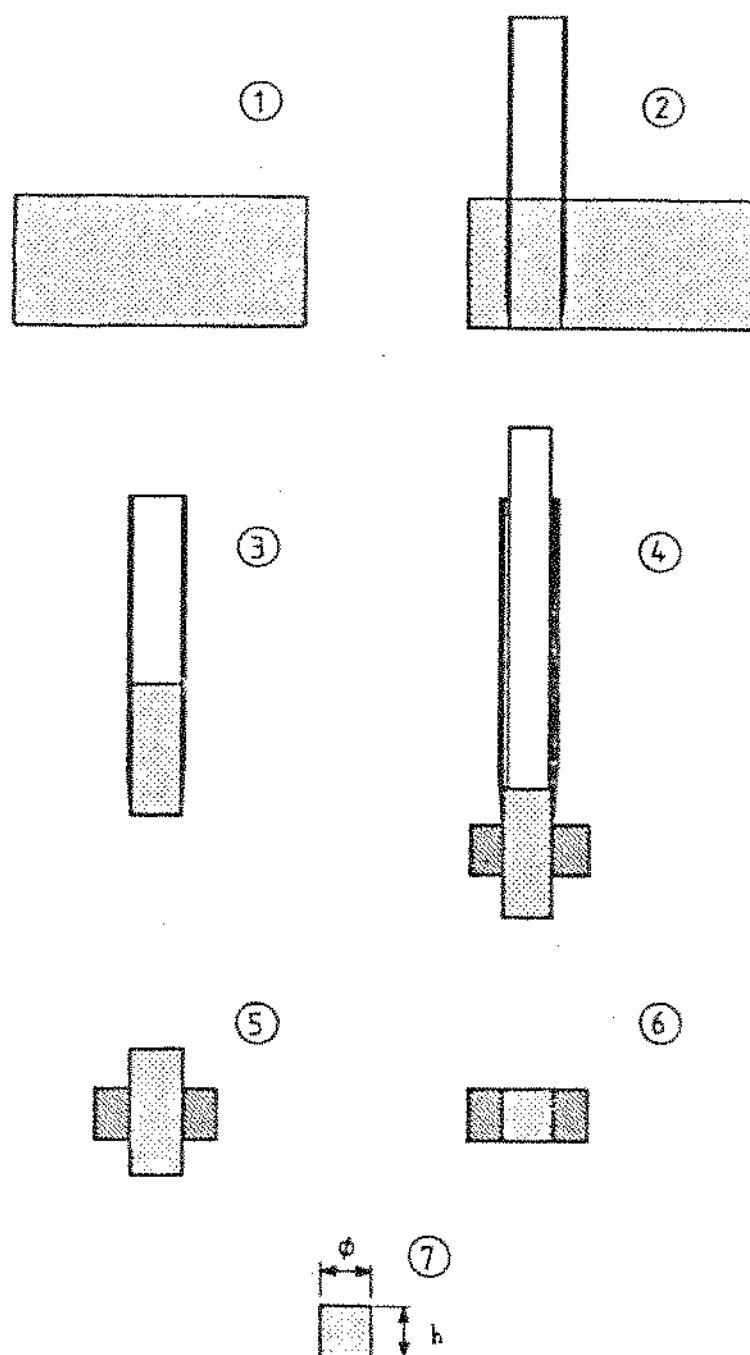
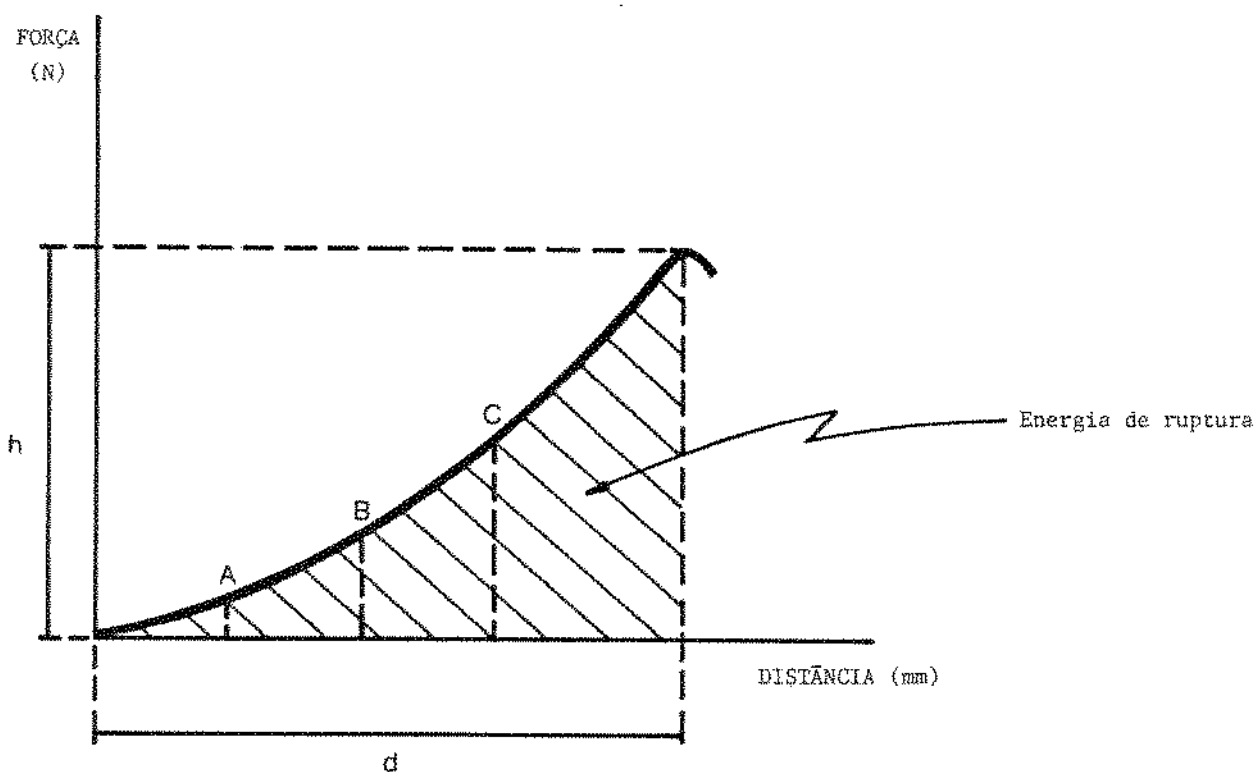


Figura III.12 - Obtenção dos cilindros para os ensaios de resistência à compressão: 1) amostra de gel; 2) e 3) corte com o cortador especial de forma cilíndrica; 4) e 5) introdução no anel; 6) corte das bases e 7) cilindro para medir.

Fonte: Durán et alii, 1987.



Força máxima = h

Módulo de elasticidade (E):

E_1 = corda entre os pontos A (10% deformação) e B (20% deformação)

E_2 = corda entre os pontos B (20% deformação) e C (30% deformação)

Energia de ruptura = área sob a curva na distância d

Deformação = d /altura da amostra

Figura III.13 - Curva típica de força-distância e parâmetros registrados para os testes de resistência à compressão.

III.2.2. Métodos Sensoriais

(a) Condições de Teste

A avaliação sensorial da textura foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial, que consta de uma área para a preparação da amostra e uma área de testes, que dispõe de uma mesa ampla, onde foram realizadas as análises com discussão aberta, e cabines, onde os provadores podiam estar isolados para as análises individuais.

O horário dos testes foi pelas manhãs, entre 10 e 12 horas.

A pré-seleção dos provadores foi feita com base em seu interesse e disponibilidade de tempo, sendo formado um grupo inicial de 12 provadores de ambos os sexos (sete homens e cinco mulheres), de idade entre 20 e 50 anos.

(b) Preparação da Amostra

As amostras para uma parte dos testes (1ª e 2ª etapas) foram cortadas do mesmo modo que as utilizadas para os ensaios de resistência à compressão (item III.2.1.3). As amostras para outra parte dos testes (3ª e 4ª etapas) foram gelificadas em recipientes cilíndricos, de metal, de 45 mm de diâmetro e 30 mm de altura.

Num prato branco, de vidro resistente, tamanho de sobremesa, foram apresentados quatro cilindros pequenos (para a 1ª e 2ª etapas) e dois grandes (para a 3ª e 4ª etapas), de cada amostra.

(c) Realização dos Testes

Na metodologia utilizada para a avaliação da textura não oral dos géis, procurou-se incluir a maioria das técnicas encontradas na literatura. Desta forma, foi desenhado um sistema de medida que compreende a maioria dos métodos já citados na revisão bibliográfica (Tabela II.1). Este sistema consta de quatro etapas:

- 1ª etapa: pressionar com os dedos sem romper, um cilindro de 17 x 17 mm;
- 2ª etapa: romper um cilindro de 17 x 17 mm com os dedos;
- 3ª etapa: cortar um cilindro de 45 x 20 mm de altura com faca;
- 4ª etapa: cortar um cilindro de 45 x 20 mm de altura com colher.

As facas utilizadas foram tipo estilete para cortar papel, de lâmina muito fina, marca NT-CUTTER K-200. As colheres eram do tipo de chá, comerciais, sendo todas do mesmo modelo.

III.2.2.1. Criação de atributos

Os descritores das amostras não foram fixados previamente para a equipe sensorial, mas sim foi incluída uma fase inicial neste trabalho para a busca de descritores. Para isso, foi aplicado o método rede ("The Kelly Repertory Grid Method" - Moskowitz, 1983).

Foram apresentados três pares de amostras (três amostras combinadas duas a duas), solicitando-se aos provadores que ano-

tassem as similaridades e diferenças em cada par. A ficha utilizada está apresentada na Figura III.14. Este procedimento foi realizado duas vezes (duas tríadas), em sessões separadas. As amostras, escolhidas de modo a representar os extremos das características de textura de todos os géis avaliados neste estudo, foram seis das que se encontram na Tabela III.1: amostras nº 6, 13 e 16, para a 1ª tríada, e amostras nº 3, 21 e 30, para a 2ª tríada.

Depois de obter uma ampla lista de descritores, foram separados os termos sinônimos e em discussão aberta com todos os provadores chegou-se, por consenso, a uma lista menor.

III.2.2.2. Seleção de atributos e de provadores

Foram realizadas avaliações de quatro amostras, com quatro repetições, utilizando o conjunto de descritores criados no item anterior, com objetivo de selecionar entre estes descritores os que mais discriminavam as amostras e ainda selecionar os provadores mais eficientes.

As amostras, de composição bastante distinta, utilizadas para estes testes também foram escolhidas entre as que se encontram na Tabela III.1: amostras nº 1, 5, 21 e 30. As avaliações foram realizadas em cabines individuais, em várias sessões, de forma que cada provador avaliava somente duas amostras em cada sessão, variando-se sempre as amostras em cada par, assim como a ordem de sua apresentação.

A técnica sensorial utilizada para estas avaliações foi a de multiescalas não estruturadas de 10 cm, ancoradas nos extremos.

SELEÇÃO DE PARÂMETROS (MÉTODO REDE)

TEXTURA NÃO ORAL DE GÊIS

INSTRUÇÕES

Comparar as duas amostras de acordo com a seqüência indicada e descrever, depois de cada etapa, em que são similares e em que são diferentes.

1ª etapa: Comprimir os cilindros axialmente com os dedos indicador e polegar, repetidas vezes, sem romper.

2ª etapa: Comprimir os cilindros até que estes se rompam e desfaçam entre os dedos.

3ª etapa: Cortar os cilindros, baixando a faca (em posição horizontal) movendo somente no sentido vertical. Se necessário, segurar a amostra com a mão.

4ª etapa: Cortar com a colher, uma das partes dos cilindros.

Figura III.14 - (a) Ficha utilizada para o método rede.

Instruções.

NOME: _____ DATA: _____

AMOSTRAS: _____ e _____

SIMILARIDADES

DIFERENÇAS

1ª ETAPA:

2ª ETAPA:

3ª ETAPA:

4ª ETAPA:

Figura III.14 - (b) Ficha utilizada para o método rede.
Resultados.

III.2.2.3. Medida da textura

A avaliação não oral da textura foi realizada com 14 das 30 amostras, cujas composições aparecem na Tabela III.1. Foram as seguintes: nº 1, 3, 5, 7, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 27 e 29.

Além do treinamento que já havia sido aplicado durante a seleção da equipe, foi realizada uma reunião para a análise de amostras representativas de extremos das escalas em discussão aberta e análises prévias em cabines individuais.

Utilizando os atributos selecionados no item III.2.2.2, sete provadores avaliaram as amostras por meio da mesma técnica sensorial já aplicada anteriormente. Cada provador avaliou cada amostra uma vez, sendo que em cada sessão foram apresentadas três amostras, variando-se a ordem de apresentação.

III.2.3. Análise Estatística

Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando um computador com sistema operativo Micro-VAX, fabricado pela Digital Equipment Corporation (Maynard, Massachusetts, USA).

Os programas utilizados são do pacote estatístico "BMDP Statistical Software" (Dixon, 1983).

As análises estatísticas utilizadas, segundo Kramer (1972), O'Mahony (1986) e Piggott (1986), foram as seguintes:

- Correlação entre os parâmetros mecânicos;
- Correlação entre os parâmetros sensoriais;
- Análise de agrupamento ("cluster analysis") de variáveis para seleção de parâmetros mecânicos;

- Análise de variância multivariada (MANOVA) de dois fatores (tipo de goma e porcentagem de goma) com interação para o estudo do comportamento mecânico;

- MANOVA de três fatores (amostra, provador e sessão) com interação para a seleção de provadores;

- MANOVA de três fatores (tipo de goma, porcentagem de goma e provador) com interação para o estudo da textura não oral dos géis;

- Análise de variância (ANOVA) de dois fatores (tipo de goma e porcentagem de goma) com interação para o estudo de cada parâmetro mecânico. A significância estatística das diferenças entre as médias foi determinada mediante teste de Tukey;

- ANOVA de dois (sessão e amostra) e de três (amostra, sessão e provador) fatores com interação para a seleção de provadores e de parâmetros sensoriais;

- ANOVA de três fatores (tipo de goma, porcentagem de goma e provador) com interação para o estudo de cada parâmetro de textura não oral dos géis. A significância estatística das diferenças entre as médias foi determinada mediante teste de Tukey;

- Análise discriminante para a seleção dos parâmetros de textura não oral dos géis;

- Correlação canônica entre os parâmetros sensoriais de cada etapa;

- Análise de escalas multidimensionais ("multidimensional scaling" - MDS) para o estudo das variações das propriedades mecânicas;

- MDS para o estudo das variações da textura não oral dos géis;

- Correlação entre os dois conjuntos de distâncias obtidos das análises de MDS;

- Regressão simples e múltipla para o estudo de correlação entre os atributos sensoriais da textura e as propriedades mecânicas.

IV - RESULTADOS E DISCUSSÃO

IV.1 - COMPORTAMENTO MECÂNICO DE GÊIS MISTOS DE K-CARRAGENATO-GOMA GUAR E GOMA GARROFIM. INFLUÊNCIA DA COMPOSIÇÃO

Entende-se por comportamento mecânico de um material, a resposta que este apresenta quando atua sobre ele uma força externa. Este comportamento depende, principalmente, da composição e estrutura do próprio produto e do tipo e magnitude da força aplicada. Em cada caso, a seleção do método ou métodos instrumentais para medir este comportamento, depende do objetivo final do estudo a ser realizado.

No campo dos alimentos, quando se pretende analisar a relação entre as propriedades mecânicas de um produto e sua textura avaliada sensorialmente, deve-se medir aqueles aspectos do comportamento mecânico que, em princípio, podem ser considerados como origem dos estímulos percebidos pelo consumidor. No caso da textura não oral, é de se esperar que os aspectos do comportamento mecânico de maior interesse sejam os que se manifestam quando atuam sobre o produto forças similares às que se costuma aplicar durante a manipulação antes que este se ja ingerido.

Assim, nesse caso, foram propostos três tipos de ensaios: medida da resistência à penetração, ao corte e à compressão. Primeiro, foi analisada comparativamente a precisão das medidas para os distintos parâmetros obtidos e a relação que existe entre eles. Com esta informação, foram selecionados os parâmetros a serem utilizados posteriormente. Na segunda parte, foi analisada a influência da composição dos géis na

evolução destes parâmetros. O estudo foi realizado em 30 amostras de distintas composições (Tabela III.1).

IV.1.1 - Medida do Comportamento Mecânico. Comparação de Métodos e Seleção de Parâmetros

IV.1.1.1 - Análise comparativa da precisão

A precisão das medidas foi avaliada através da comparação dos coeficientes de variação (CV) apresentados pelas médias de quatro determinações para cada amostra. Para facilitar a comparação, com os valores de CV apresentados nas Tabelas IV.1, IV.2 e IV.3, foram elaborados histogramas de frequência agrupando estes valores a intervalos de cinco unidades (0 a 5%, 5 a 10%, etc.).

IV.1.1.1.1 - Ensaio de resistência à penetração

A medida de resistência à penetração foi realizada com dois tipos de dispositivos: cilindro e cone. No primeiro caso, das curvas foram obtidos quatro parâmetros: força máxima ($F_{\text{máx}}$), coesividade, rigidez e elasticidade. As características particulares das curvas obtidas experimentalmente, nem sempre coincidiram com a curva modelo (Figura III.7a). Na Figura IV.1, podem ser observados dois exemplos de curvas que representam formas extremas, sendo que as obtidas para as outras amostras são de forma intermediária.

Quando se mede a resistência à penetração com cone, pelas próprias características do ensaio, o tipo de curva obtida

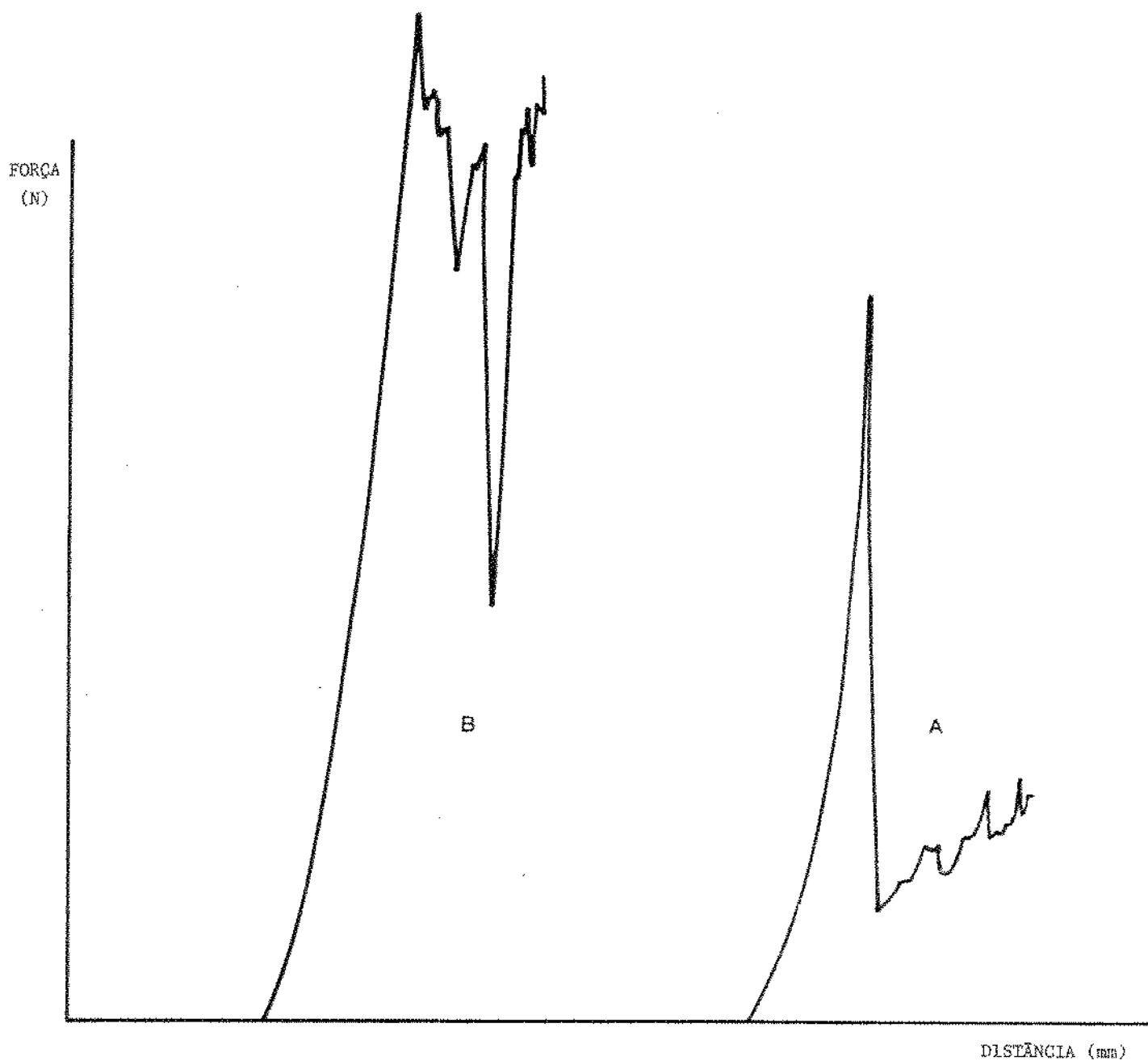


Figura IV.1 - Exemplos de curvas experimentais obtidas nos ensaios de resistência à penetração com cilindro. Géis de concentração total de hidrocolóides de 0,75%:

A - 0% de substituição por goma;

B - 60% de substituição por goma garrofim.

é sempre igual e, por isto, somente se considerou o valor da força registrada na distância de penetração de 2,0 cm (Figura III.7b).

A Tabela IV.1 apresenta as médias obtidas para as 30 amostras de géis com relação aos parâmetros de penetração com cilindro e cone, acompanhadas dos seus respectivos valores de CV e a Figura IV.2 apresenta os histogramas de freqüência elaborados com estes valores de CV. Como pode ser observado, nos ensaios de penetração com cilindro, as medidas obtidas para os parâmetros $F_{m\acute{a}x}$, coesividade e rigidez apresentaram CV similares ($0,00 < CV < 12,71\%$). Nas medidas de elasticidade os valores de CV foram maiores e apresentaram-se mais distribuídos nos vários intervalos de freqüência, chegando a apresentar valores acima de 75%. A precisão das medidas de força nos ensaios de penetração com cone (F_{cone}) pode ser considerada comparável à das medidas de $F_{m\acute{a}x}$, coesividade e rigidez para penetração com cilindro, embora se observe nas medidas com cone, alguns valores de CV um pouco mais altos (aproximadamente 15%).

IV.1.1.1.2 - Ensaios de resistência ao corte

Para a medida de resistência ao corte se realizou ensaios de corte com fio e de corte com lâmina. Em ambos os casos, os parâmetros obtidos das curvas registradas foram: força máxima ($F_{m\acute{a}x}$), força de patamar ($F_{patamar}$), coesividade e rigidez. Nos ensaios de corte com fio, as curvas obtidas praticamente não se diferenciaram da curva modelo (Figura III.10 a), enquanto que nos ensaios de corte com lâmina, as curvas experimentais apresentaram certa variação com relação a curva modelo

Tabela IV.1.1(a) - Valores de parâmetros de resistência à penetração e seus respectivos coeficientes de variação (CV) para géis de concentração total de hidrocolóides de 0,5%.

Amostras (1)	CILINDRO						CONE			
	$\bar{x}$ (2)	F _{max} (N)	Coesividade (cm)		Rigidez (N/cm)		Elasticidade (N/cm)		F _{cone} (N)	
			$\bar{x}$	CV(%)	$\bar{x}$	CV(%)	$\bar{x}$	CV(%)		
1	2,62	(7,20)	1,72	(6,00)	1,52	(1,42)	62,27	(17,50)	0,741	(4,77)
2	2,07	(4,89)	1,44	(2,49)	1,43	(3,21)	44,26	(21,21)	0,863	(1,74)
3	2,68	(5,94)	1,54	(3,53)	1,74	(3,18)	59,05	(6,87)	0,968	(4,26)
4	3,58	(4,03)	1,77	(2,62)	2,01	(2,93)	24,97	(60,28)	0,916	(3,81)
5	4,26	(5,04)	1,86	(3,93)	2,28	(2,20)	7,77	(23,10)	1,057	(4,06)
6	4,44	(0,71)	2,02	(3,05)	2,20	(3,56)	5,29	(11,94)	1,358	(15,69)
7	4,16	(1,61)	2,14	(1,35)	1,94	(1,78)	4,45	(19,15)	1,267	(16,29)
8	3,28	(0,93)	2,26	(1,55)	1,45	(1,43)	2,66	(7,79)	1,057	(2,71)
9	1,37	(3,64)	1,45	(2,35)	0,94	(4,09)	17,71	(13,22)	0,628	(4,43)
10	1,44	(3,38)	1,27	(3,37)	1,14	(5,90)	21,71	(12,77)	0,367	(1,09)
11	1,31	(3,22)	1,40	(2,36)	0,93	(2,24)	17,76	(27,77)	0,654	(0,92)
12	1,76	(1,39)	1,38	(2,71)	1,27	(1,97)	23,97	(16,33)	0,964	(2,53)
13	2,11	(3,11)	1,45	(2,35)	1,45	(2,82)	5,21	(69,70)	0,994	(5,90)
14	2,07	(2,93)	1,61	(3,13)	1,29	(3,87)	2,67	(39,07)	0,832	(12,55)
15	1,61	(3,69)	1,65	(5,23)	0,98	(3,43)	0,95	(28,35)	0,846	(4,54)

(1) Identificação das amostras na Tabela III.1.1.

(2) Valores médios de quatro determinações.

Tabela IV.1(b) - Valores de parâmetros de resistência à penetração e seus respectivos coeficientes de variação (CV) para géis de concentração total de hidrocolóides de 0,75%.

Amostras (1)	F _{max} (N)		Coesividade (cm)		Rigidez (N/cm)		Elasticidade (N/cm)		F _{cone} (N)	
	CV(%)		CV(%)		CV(%)		CV(%)		CV(%)	
	$\bar{x}$	(2)	$\bar{x}$		$\bar{x}$		$\bar{x}$		$\bar{x}$	
16	4,27	(8,78)	1,76	(4,66)	2,43	(8,47)	43,43	(22,69)	0,953	(1,95)
17	3,59	(1,52)	1,58	(4,10)	2,28	(3,56)	45,94	(24,87)	1,017	(8,31)
18	5,31	(3,49)	1,69	(2,01)	3,14	(3,33)	38,81	(33,40)	1,328	(6,50)
19	6,39	(1,38)	1,76	(2,07)	3,63	(2,71)	13,71	(78,60)	1,659	(4,19)
20	6,45	(1,25)	1,84	(2,36)	3,32	(12,71)	5,48	(30,29)	1,933	(2,08)
21	7,26	(2,82)	2,06	(0,49)	3,53	(2,41)	4,09	(30,29)	2,428	(13,33)
22	6,31	(2,90)	2,19	(4,35)	2,88	(7,04)	3,98	(34,67)	2,131	(9,46)
23	5,37	(3,48)	2,28	(2,45)	2,36	(3,22)	4,16	(30,63)	2,009	(6,70)
24	3,37	(5,07)	1,56	(3,89)	2,16	(1,71)	52,10	(17,20)	1,204	(4,68)
25	3,45	(4,38)	1,49	(3,80)	2,31	(3,49)	40,39	(27,23)	1,056	(3,07)
26	3,38	(2,89)	1,43	(4,14)	2,32	(2,16)	33,07	(39,26)	1,120	(1,80)
27	3,33	(1,82)	1,55	(0,00)	2,15	(1,82)	14,48	(71,23)	1,063	(2,32)
28	3,68	(2,75)	1,52	(3,56)	2,43	(4,38)	2,25	(34,30)	1,301	(3,59)
29	3,73	(3,04)	1,60	(2,55)	2,33	(2,19)	2,06	(46,62)	1,338	(5,56)
30	3,51	(1,88)	1,86	(3,13)	1,89	(1,67)	1,46	(17,80)	1,249	(3,97)

(1) Identificação das amostras na Tabela III.1.

(2) Valores médios de quatro determinações.

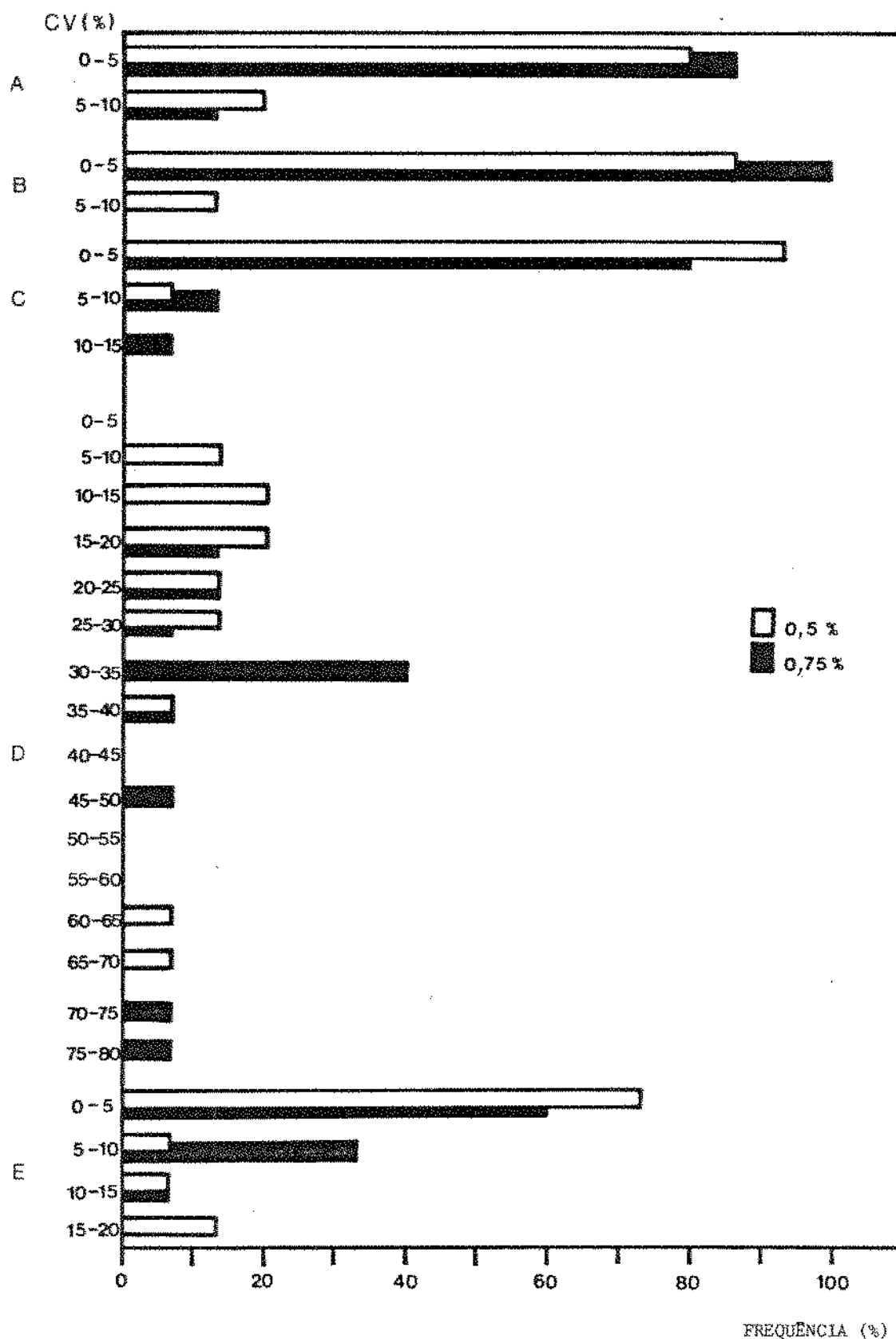


Figura IV.2 - Histograma de frequências dos valores de coeficientes de variação (CV) dos parâmetros de resistência à penetração com cilindro (A - $F_{máx}$; B - Coesividade ; C - Rigidez ; D - Elasticidade) e com cone (E - Força registrada à 2,0 cm de penetração).

(Figura III.10b). Como pode ser observado na Figura IV.3, nas curvas de resistência ao corte com lâmina, para as amostras com mais altas porcentagens de goma, ocorre um aumento na variação de forças depois de iniciar o corte.

Os valores de CV das medidas de resistência ao corte, de acordo com o que se observa na Tabela IV.2 e na Figura IV.4, variaram bastante para um mesmo parâmetro, ou seja, foi observada freqüência em vários intervalos de CV. Isso ocorreu mais acentuadamente no parâmetro F_{patamar} , que foi o de menor precisão, seguido por $F_{\text{máx}}$, coesividade e rigidez, nessa ordem, para os dois tipos de corte. Por outro lado, comparando-se a precisão das medidas dos parâmetros de corte com fio e de corte com lâmina, de um modo geral, pode-se dizer que estas foram similares, embora a precisão das medidas para corte com lâmina tenha sido um pouco mais alta. Para a maioria dos parâmetros, a maior freqüência de CV foi entre 5 e 10%.

IV.1.1.1.3 - Ensaio de resistência à compressão

Das curvas registradas nos ensaios de resistência à compressão, foram extraídos os seguintes parâmetros: força máxima ($F_{\text{máx}}$), módulo de elasticidade 1 (E_1), módulo de elasticidade 2 (E_2), energia e deformação. As curvas obtidas seguiram o mesmo comportamento da curva modelo (Figura III.13).

A precisão das medidas que são apresentadas na Tabela IV.3, pode ser considerada bastante aceitável. Como pode ser observado na Figura IV.5, para os cinco parâmetros de ensaios de compressão, a freqüência dos CV entre 0 e 5% é muito mais alta que as dos outros intervalos de CV. Embora a precisão

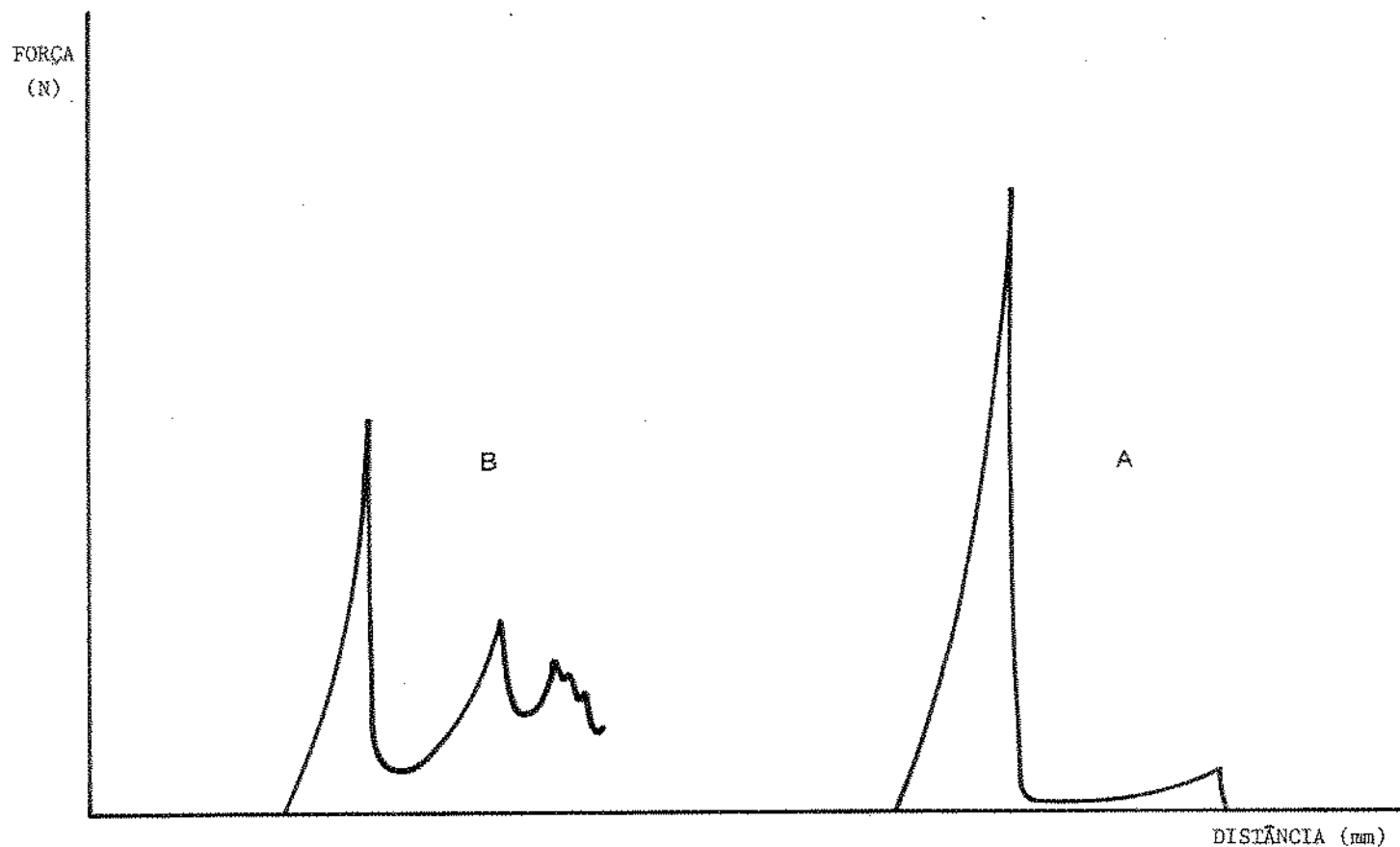


Figura IV.3 - Exemplos de curvas experimentais obtidas nos ensaios de resistência ao corte com lâmina, géis de concentração total de hidrocolóides de 0,75%:

A - 0% de substituição por goma;

B - 60% de substituição por goma garrofin + guar.

Tabela IV.2(a) - Valores de parâmetros de resistência ao corte e seus respectivos coeficientes de variação (CV), para géis de concentração total de hidrocolóides de 0,5%.

Amostras (1)	FIO										LÂMINA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
	F _{máx} (N)					F _{patamar} (N)					Rigidez (N/cm)					F _{máx} (N)					F _{patamar} (N)					Coesividade (cm)					Rigidez (N/cm)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
	CV(%)					CV(%)					CV(%)					CV(%)					CV(%)					CV(%)					CV(%)					CV(%)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$

(1) Identificação das amostras na Tabela III.1.
(2) Valores médios de quatro determinações.

Tabela IV.2(b) - Valores de parâmetros de resistência ao corte e seus respectivos coeficientes de variação (CV), para géis de concentração total de hidrocolóides de 0,75%.

Amostras (1)	LÂMINA											
	FIO											
	F _{máx} (N)		F _{patamar} (N)		Coesividade (cm)		Rigidez (N/cm)		F _{máx} (N)		F _{patamar} (N)	
	$\bar{x}$	CV(%)	$\bar{x}$	CV(%)	$\bar{x}$	CV(%)	$\bar{x}$	CV(%)	$\bar{x}$	CV(%)	$\bar{x}$	CV(%)
16	1,024	(29,26)	0,081	(26,88)	1,23	(15,58)	0,818	(15,13)	1,732	(9,98)	0,059	(36,00)
17	0,725	(6,98)	0,093	(18,23)	0,97	(5,25)	0,753	(7,66)	0,894	(9,44)	0,044	(12,83)
18	1,080	(16,14)	0,093	(10,53)	1,10	(12,15)	0,987	(10,81)	1,369	(7,04)	0,081	(6,06)
19	1,590	(27,36)	0,147	(7,70)	1,29	(15,33)	1,217	(12,83)	2,058	(11,94)	0,110	(13,33)
20	1,931	(5,57)	0,154	(12,02)	1,57	(2,27)	1,229	(4,01)	2,364	(11,49)	0,167	(11,76)
21	2,376	(9,42)	0,220	(5,74)	1,68	(7,49)	1,412	(5,29)	2,641	(7,56)	0,272	(4,53)
22	2,234	(11,10)	0,193	(15,12)	1,62	(5,11)	1,379	(6,73)	2,722	(7,45)	0,301	(4,09)
23	1,659	(5,84)	0,198	(7,41)	1,73	(3,62)	0,958	(3,13)	2,156	(12,97)	0,294	(3,85)
24	0,451	(5,14)	0,051	(28,04)	0,75	(7,70)	0,604	(8,37)	0,850	(6,73)	0,034	(28,57)
25	0,365	(11,47)	0,066	(17,63)	0,64	(6,19)	0,571	(6,30)	0,649	(7,43)	0,055	(8,51)
26	0,503	(14,13)	0,071	(5,44)	0,74	(11,58)	0,681	(4,45)	0,779	(7,06)	0,051	(12,30)
27	0,524	(11,16)	0,082	(13,24)	0,77	(5,14)	0,687	(15,29)	1,237	(7,41)	0,060	(4,08)
28	0,573	(7,58)	0,093	(13,59)	0,78	(3,72)	0,739	(6,05)	0,887	(4,28)	0,095	(9,82)
29	0,675	(24,21)	0,098	(17,02)	0,88	(10,94)	0,763	(12,91)	1,131	(21,40)	0,113	(10,02)
30	0,459	(10,36)	0,112	(7,45)	0,77	(3,18)	0,595	(8,72)	0,846	(22,64)	0,157	(5,71)

(1) Identificação das amostras na Tabela III.1.
 (2) Valores médios de quatro determinações.

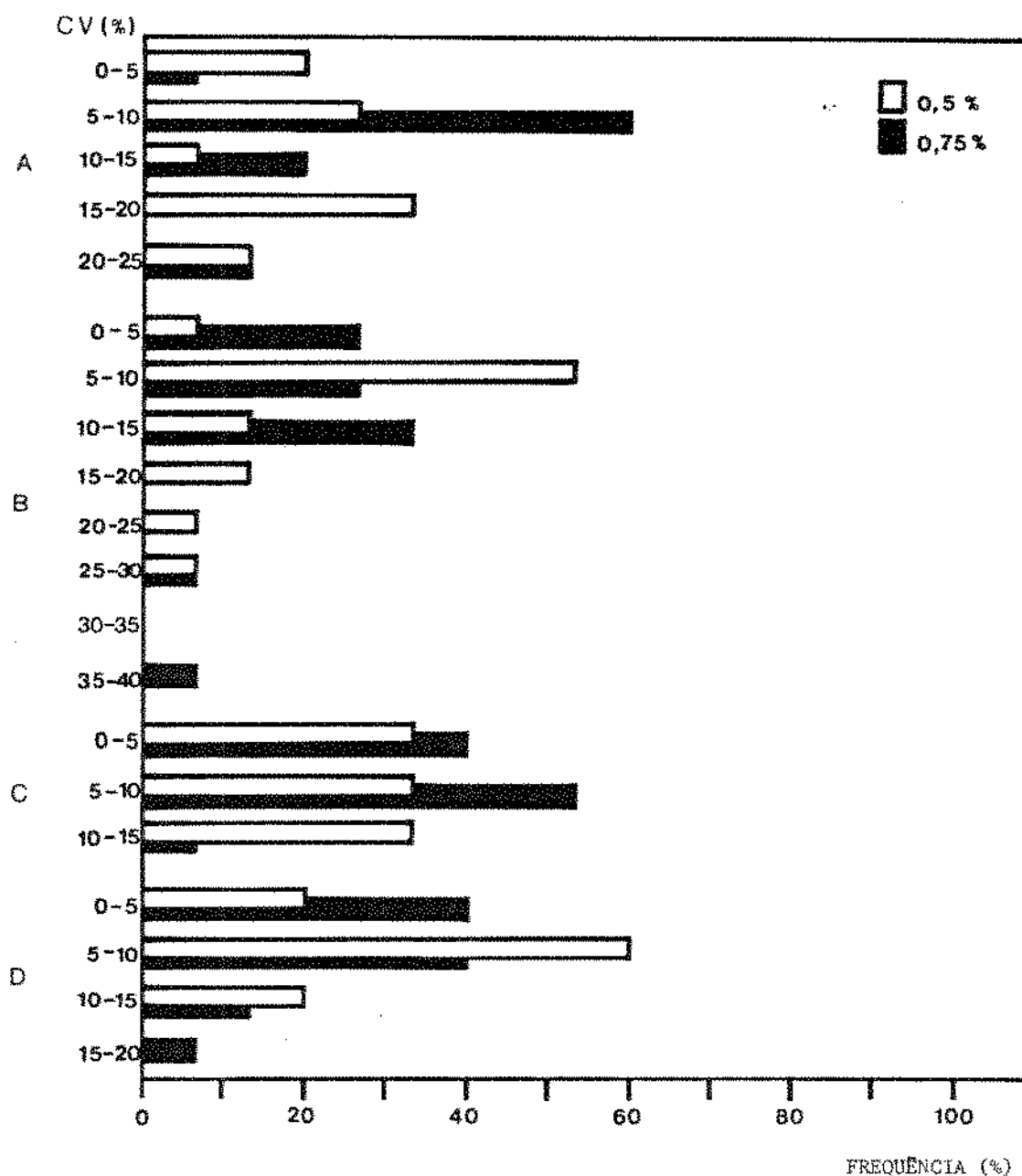


Figura IV.4(b) - Histogramas de freqüências dos valores de coeficientes de variação (CV) dos parâmetros de resistência ao corte com lâmina:

A - $F_{m\acute{a}x}$; B - $F_{patamar}$; C - Coesividade;
D - Rigidez.

Tabela IV.3(a) - Valores para parâmetros de resistência à compressão e seus respectivos coeficientes de variação (CV) para géis de concentração total de hidrocolóides de 0,5%.

Amostras (1)	F _{máx} (N)		Módulo de Elasticidade E ₁ (x10 ⁻² N/mm ²) ¹		Módulo de Elasticidade E ₂ (x10 ⁻² N/mm ²) ²		Energia (x10 ⁻² J)		Deformação (%)	
	$\bar{x}^{(2)}$	CV(%)	$\bar{x}$	CV(%)	$\bar{x}$	CV(%)	$\bar{x}$	CV(%)	$\bar{x}$	CV(%)
1	6,12	(6,42)	2,561	(12,08)	5,965	(7,78)	1,522	(7,90)	45,95	(2,13)
2	4,60	(2,88)	3,572	(1,95)	6,603	(1,67)	1,045	(4,07)	38,99	(0,99)
3	6,89	(2,50)	4,638	(2,21)	7,679	(1,95)	1,874	(4,39)	44,70	(1,57)
4	9,15	(1,81)	5,458	(2,43)	8,186	(1,77)	2,857	(0,91)	49,35	(1,03)
5	12,04	(1,72)	5,755	(1,90)	8,440	(1,31)	3,920	(1,85)	54,74	(0,30)
6	12,46	(1,65)	5,170	(2,23)	7,255	(1,22)	4,255	(0,49)	58,18	(0,55)
7	13,00	(1,83)	4,444	(0,57)	6,173	(0,63)	4,379	(2,41)	61,79	(0,67)
8	9,81	(0,89)	3,448	(2,38)	4,644	(1,77)	3,285	(1,57)	60,88	(0,61)
9	3,92	(1,69)	3,093	(1,85)	6,159	(0,95)	0,8419	(2,48)	37,61	(1,15)
10	3,87	(3,60)	3,395	(2,17)	6,159	(1,58)	0,8512	(5,87)	37,32	(1,86)
11	3,90	(3,53)	3,869	(2,47)	6,230	(1,97)	0,9301	(6,02)	37,29	(1,65)
12	4,70	(0,82)	4,116	(1,99)	6,290	(1,12)	1,226	(2,61)	40,64	(1,47)
13	4,63	(1,57)	4,109	(2,08)	5,928	(1,17)	1,291	(3,10)	41,42	(1,33)
14	5,76	(1,84)	3,820	(1,08)	5,351	(0,54)	1,807	(2,88)	48,01	(0,90)
15	4,50	(1,34)	3,035	(1,61)	4,131	(1,00)	1,441	(2,91)	47,80	(1,35)

(1) Identificação das amostras na Tabela III.1.

(2) Valores médios de quatro determinações.

Tabela IV.3(b) - Valores para parâmetros de resistência à compressão e seus respectivos coeficientes de variação (CV) para géis de concentração total de hidrocolóides de 0,75%.

Amostras (1)	F _{máx} (N)		Módulo de Elasticidade E ₁ (x10 ⁻² N/mm ²)		Módulo de Elasticidade E ₂ (x10 ⁻² N/mm ²)		Energia (x10 ⁻² J)		Deformação (%)	
	$\bar{x}$ ⁽²⁾	CV(%)	$\bar{x}$	CV(%)	$\bar{x}$	CV(%)	$\bar{x}$	CV(%)	$\bar{x}$	CV(%)
16	12,41	(6,34)	4,629	(2,62)	9,933	(1,27)	3,226	(7,54)	49,01	(2,60)
17	9,65	(2,41)	5,555	(2,13)	10,81	(1,71)	2,434	(3,42)	43,84	(1,07)
18	13,90	(1,17)	6,830	(2,32)	11,93	(1,26)	4,023	(1,76)	49,99	(0,90)
19	18,18	(1,38)	8,028	(1,06)	12,70	(0,77)	5,798	(1,32)	54,41	(0,41)
20	22,55	(2,40)	8,010	(1,04)	12,28	(0,59)	7,562	(2,03)	60,10	(0,31)
21	24,15	(4,57)	7,342	(0,79)	10,85	(0,53)	8,049	(5,37)	62,76	(1,65)
22	24,13	(1,88)	6,524	(1,52)	9,303	(0,98)	7,898	(1,52)	65,28	(0,75)
23	20,93	(1,83)	5,582	(0,87)	7,761	(0,87)	6,753	(1,29)	64,73	(0,23)
24	7,65	(3,34)	4,448	(1,78)	9,321	(1,18)	1,837	(3,82)	42,32	(1,16)
25	7,90	(3,22)	5,195	(1,35)	10,00	(1,43)	1,923	(5,30)	41,98	(1,45)
26	7,22	(0,92)	5,508	(0,80)	9,640	(0,39)	1,859	(1,24)	41,38	(0,43)
27	8,39	(3,14)	5,885	(3,42)	9,419	(2,45)	2,382	(3,55)	45,10	(1,70)
28	9,28	(2,84)	6,824	(3,01)	9,993	(1,64)	2,821	(3,95)	45,77	(1,55)
29	9,62	(2,02)	5,612	(1,29)	8,234	(1,17)	3,084	(3,13)	50,77	(1,19)
30	7,84	(2,88)	4,476	(1,02)	6,206	(0,57)	2,690	(4,40)	52,21	(1,61)

(1) Identificação das amostras na Tabela III.1.

(2) Valores médios de quatro determinações.

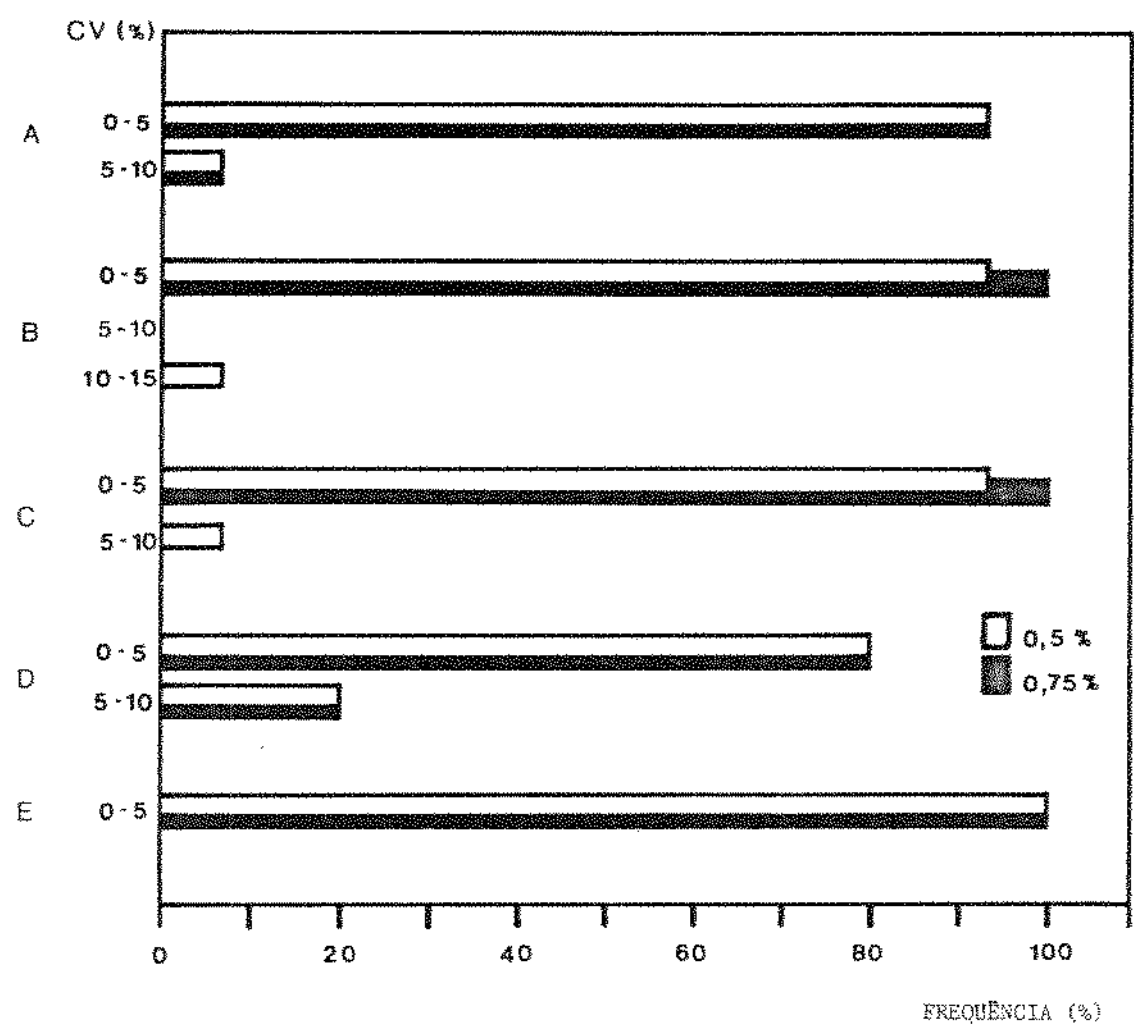


Figura IV.5 - Histograma de freqüências dos valores de coeficientes de variação (CV) dos parâmetros de resistência à compressão:
A - $F_{\text{máx}}$; B - Módulo de elasticidade 1 (E_1);
C - Módulo de elasticidade 2 (E_2); D - Energia;
E - Deformação.

para todos estes parâmetros seja mais ou menos similar, pode-se destacar como sendo o parâmetro de mais alta precisão a de formação e o parâmetro de mais baixa precisão a energia.

Numa comparação global entre todos os ensaios discutidos anteriormente, observa-se que as medidas obtidas nos ensaios de compressão (Tabela IV.3 e Figura IV.5) foram muito mais precisas que as medidas obtidas nos ensaios de penetração (Tabela IV.1 e Figura IV.2) e de corte (Tabela IV.2 e Figura IV.4). Porém, para que esta comparação seja considerada com maior coerência, deve-se levar em conta que estes ensaios foram realizados com distintos instrumentos. Desta forma, além da natureza do ensaio, também o tipo de instrumento utilizado influenciou nas diferenças de precisão observadas. A utilização do mesmo equipamento para todos os ensaios, o que seria mais recomendado para uma melhor comparação de precisões, neste caso não foi possível porque, por um lado havia amostras que apresentavam valores muito altos de resistência à compressão, que excediam a capacidade do texturômetro Stevens LFRA, e por outro, havia amostras que apresentavam valores muito baixos para resistência ao corte, que não chegavam ao limite de sensibilidade do Instron UTM.

Com relação à precisão das medidas em função do tipo de amostra, pode ser considerado que a precisão praticamente não é afetada por este fator, já que uma mesma amostra apresentou alto CV para um parâmetro e baixo para outro, geralmente de forma aleatória. Neste sentido, o único que se poderia destacar é o que ocorreu com as medidas das amostras sem substituição de goma (0% goma) nos ensaios de compressão, que apresen-

taram CV notavelmente mais altos que as demais para a maioria dos parâmetros (Tabela IV.3). Provavelmente, este comportamento está relacionado com o tipo de quebra destas amostras, que foi bastante distinto das outras. Comparando-se as amostras com 0,5% de concentração total com as de 0,75%, não se observa grandes diferenças nos valores de CV das medidas realizadas.

IV.1.1.2 - Análise da relação entre as características mecânicas. Seleção de parâmetros

Conforme exposto anteriormente, foram 18 os parâmetros de comportamento mecânico considerados de maior interesse para o presente estudo de textura. Uma vez obtidas as medidas destes parâmetros para as 30 amostras de géis, procedeu-se a uma análise comparativa dos mesmos com o objetivo de estudar a informação que proporciona cada um deles e a possibilidade de selecionar um grupo menor, com o qual se pudesse obter uma informação similar.

Inicialmente, foi realizado um estudo de correlação, obtendo-se os coeficientes de correlação que são apresentados na Tabela IV.4. Como pode ser observado, houve uma grande incidência de altos valores de coeficiente de correlação. Do total de 153 coeficientes obtidos, somente 29 foram menores que 0,50, enquanto que 31 foram maiores que 0,90, destacando-se o coeficiente entre energia e $F_{\text{máx}}$ dos ensaios de compressão que foi de 0,992. Isso indica que, das 18 características medidas, como era esperado, muitas forneceram informações similares. Com isso se concluiu que deve ser realizada uma seleção das ca

Tabela IV.4 - Matriz de coeficientes de correlação entre os 18 parâmetros mecânicos obtidos com os ensaios realizados (30 amostras).

PENETRAÇÃO COM CILINDRO										CORTE COM FIO				CORTE COM LÂMINA				PENETR. COM CONE	COMPRESSÃO			
F _{máx} 1	Coefi- cidade 2	Rígi- dez 3	Elasti- cidade 4	F _{máx} 5	F _{patamar} 6	Coefi- cidade 7	Rígi- dez 8	F _{máx} 9	F _{patamar} 10	Coefi- cidade 11	Rígi- dez 12	F _{cone} 13	Mód. de Elast. E ₁ 14	Mód. de Elast. E ₂ 15	F _{máx} 16	Defer- mação 17	Energia 18					
1	1,000																					
2	0,662	1,000																				
3	0,941	0,401	1,000																			
4	-0,211	-0,383	-0,068	1,000																		
5	0,897	0,783	0,742	-0,311	1,000																	
6	0,868	0,791	0,713	-0,463	0,884	1,000																
7	0,804	0,875	0,616	-0,230	0,933	0,817	1,000															
8	0,937	0,680	0,853	-0,270	0,957	0,877	0,845	1,000														
9	0,922	0,752	0,797	-0,244	0,938	0,870	0,880	0,923	1,000													
10	0,728	0,826	0,507	-0,521	0,791	0,890	0,747	0,711	0,779	1,000												
11	0,803	0,829	0,639	-0,121	0,856	0,766	0,922	0,798	0,920	0,711	1,000											
12	0,946	0,653	0,885	-0,228	0,902	0,856	0,805	0,949	0,965	0,707	0,831	1,000										
13	0,891	0,639	0,795	-0,344	0,816	0,873	0,701	0,821	0,841	0,841	0,702	0,841	1,000									
14	0,849	0,280	0,919	-0,228	0,668	0,682	0,487	0,800	0,700	0,458	0,494	0,807	0,750	1,000								
15	0,734	0,048	0,886	0,169	0,481	0,434	0,326	0,638	0,551	0,167	0,372	0,677	0,549	0,882	1,000							
16	0,954	0,722	0,832	-0,304	0,923	0,904	0,835	0,905	0,938	0,835	0,819	0,913	0,911	0,771	0,612	1,000						
17	0,789	0,937	0,571	-0,488	0,867	0,882	0,901	0,793	0,843	0,883	0,846	0,776	0,775	0,487	0,206	0,848	1,000					
18	0,939	0,757	0,796	-0,389	0,933	0,924	0,847	0,905	0,934	0,868	0,818	0,902	0,914	0,752	0,543	0,992	0,888	1,000				

racterísticas a serem consideradas em estudos posteriores.

Para realizar esta seleção foi utilizada, uma análise de agrupamento que permitiu agrupar os parâmetros em sub-grupos homogêneos, baseando-se na medida da similaridade dos valores absolutos dos coeficientes de correlação. A Figura IV.6 apresenta o dendrograma obtido como resultado. Do que se observa desta figura e tendo em conta os valores de coeficiente de correlação (Tabela IV.4), considerou-se que o corte do dendrograma entre os níveis 10 e 11 pode dar uma informação adequada. Com este corte, foram obtidos oito sub-grupos, sendo um com dez variáveis, um com duas e outros seis com apenas uma variável (Tabela IV.5). Nos sub-grupos em que existia mais de um parâmetro, foi selecionado um deles, levando em consideração a precisão das medidas que forneciam. Desta forma, os parâmetros selecionados foram: $F_{m\acute{a}x}$ (compressão), coesividade (corte com lâmina), F_{cone} (penetração com cone), módulo de elasticidade 1 (compressão), módulo de elasticidade 2 (compressão), deformação (compressão), $F_{patamar}$ (corte com lâmina) e elasticidade (penetração com cilindro).

Observando-se a Tabela IV.4, verifica-se que, dos 28 valores de coeficiente de correlação entre os parâmetros selecionados, destaca-se somente um maior que 0,90, entre F_{cone} (cone) e $F_{m\acute{a}x}$ (compressão), ou seja, grande parte dos parâmetros eliminados eram os responsáveis pelos altos valores de coeficiente de correlação, com o que se pode deduzir que a maior parte da informação perdida com esta diminuição de parâmetros era dispensável. Portanto, destes resultados pode-se concluir que a informação que se obtém com as características mecânicas analisadas com os oito parâmetros selecionados equivale à que se obtém considerando os 18 parâmetros inicialmente medidos. Isto

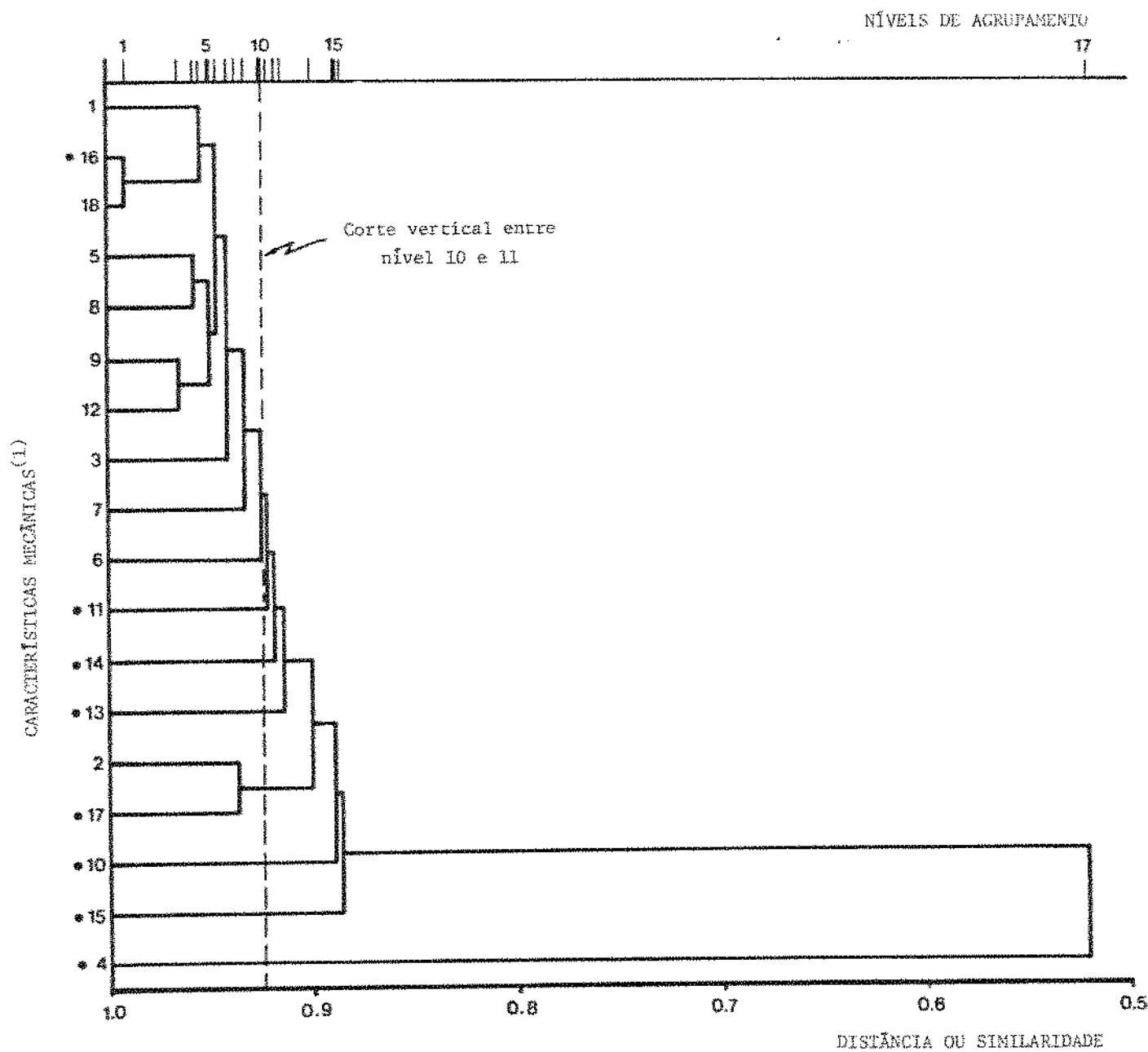


Figura IV.6 - Dendrograma obtido com a análise de agrupamento para as características mecânicas.

(1) Identificação das características mecânicas na Tabela IV.4.

(*) Características mecânicas selecionadas.

Tabela IV.5 - Sub-grupos de características mecânicas obtidos com a análise de agrupamento

SUB-GRUPOS	CARACTERÍSTICAS	CARACTERÍSTICA SELECIONADA
1	$F_{\text{máx}}$ - penetração cilindro	
	$F_{\text{máx}}$ - compressão	
	Energia - compressão	
	$F_{\text{máx}}$ - corte fio	
	Rigidez - corte fio	$F_{\text{máx}}$ - compressão
	$F_{\text{máx}}$ - corte lâmina	
	Rigidez - corte lâmina	
	Rigidez - penetração cilindro	
	F_{patamar} - corte fio	
	Coesividade - corte fio	
2	Coesividade - corte lâmina	
3	F_{cone} - penetração cone	
4	Módulo de Elasticidade 1 - Compressão	
5	Módulo de Elasticidade 2 - Compressão	
6	Coesividade - penetração cilindro	Deformação-Compressão
	Deformação - compressão	
7	F_{patamar} - corte lâmina	
8	Elasticidade - penetração cilindro	

é uma importante vantagem do ponto de vista experimental, além de reduzir consideravelmente a quantidade de dados a manusear nos estudos posteriores.

IV.1.2 - Influência da Composição dos Géis no Comportamento Mecânico

Para estudar a influência da composição no comportamento mecânico dos géis de k-carragenato, foi analisado o efeito de dois fatores de composição - tipo de goma (garrofin e uma mistura em partes iguais de garrofin e guar) e porcentagem de substituição (0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 e 70%) - e a interação entre eles. O estudo se realiza com dois grupos de 15 amostras cuja concentração total de hidrocolóides é de 0,5 e 0,75%. Primeiramente, foi analisado o efeito destes fatores no comportamento mecânico global e, depois, em cada uma das características mecânicas que definem este comportamento.

IV.1.2.1 - Influência dos fatores de composição no comportamento mecânico global

De acordo com os resultados do item IV.1.1.2., a consideração conjunta dos oito parâmetros selecionados (Tabela IV.5) é suficiente para avaliar os diferentes aspectos do comportamento mecânico que se manifestam quando os géis analisados são submetidos a ensaios de resistência à penetração, ao corte e à compressão.

Para estudar a influência da composição no comportamento mecânico como um todo, foi realizada uma análise de variância multivariada (MANOVA) de dois fatores (tipo de goma e porcentagem de goma) com interação, para cada um dos grupos de amostras de distinta concentração total (0,5 e 0,75%), incluindo os valores obtidos para estes oito parâmetros selecionados anteriormente.

Com relação ao efeito tipo de goma utilizada, a primeira variável canônica explica 100% da variabilidade entre as duas populações correspondentes a cada tipo de goma, tanto para os géis de 0,5% de concentração total de hidrocolóides (Figura IV.7a) como para os de 0,75% (Figura IV.7b). Para ambas as concentrações, as amostras com goma garrofin diferenciam-se claramente das outras com mistura de gomas, isto porque as distâncias entre ambas as populações são muito maiores que o raio de confiança de 0,784 ($p < 0,05$).

Para analisar o efeito porcentagem de substituição por goma, na Figura IV.8, foram representadas as populações das várias concentrações de goma em função das duas primeiras variáveis canônicas. Essas variáveis juntas atingiram um total de porcentagem de explicação de 95 e 98%, para 0,5 e 0,75% de concentração total, respectivamente. Dadas as altas porcentagens de explicação atingidas, em ambos os casos, só com a representação dessas variáveis canônicas já se pode apreciar que as populações diferem significativamente, comparando-se as distâncias que apresentam entre si com o raio de confiança de 1,568 ($p < 0,05$).

Nos dois gráficos apresentados nesta figura (Figura IV.8), observa-se que, em geral, quanto mais alta a concentração de goma, maior a distância que esta população apresenta com relação à população de géis de k-carragenato sem adição de goma. Disto se conclui que ao aumentar a porcentagem de substituição por goma, aumenta-se as diferenças no comportamento mecânico entre esta amostra e a amostra de gel em que o único hidrocolóide utilizado é o k-carragenato. Isto ocorre mais acentuadamente com amostras de maior concentração total (0,75%) (Figura IV.8b), em que para substituições maiores que 20% as diferen-

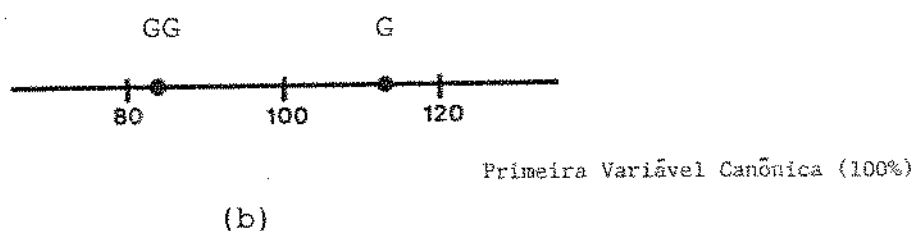
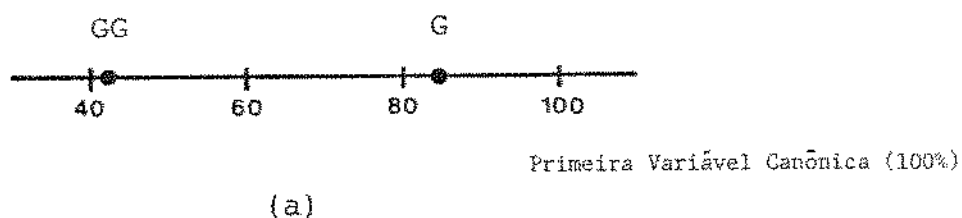


Figura IV.7 - Representação canônica com relação à primeira variável das populações com goma garrofin (G) e com a mistura de goma garrofin + guar (GG) para géis de distinta concentração total de hidrocolóides: (a) 0,5% e (b) 0,75%. (Raio de confiança_{5%} = 0,784).

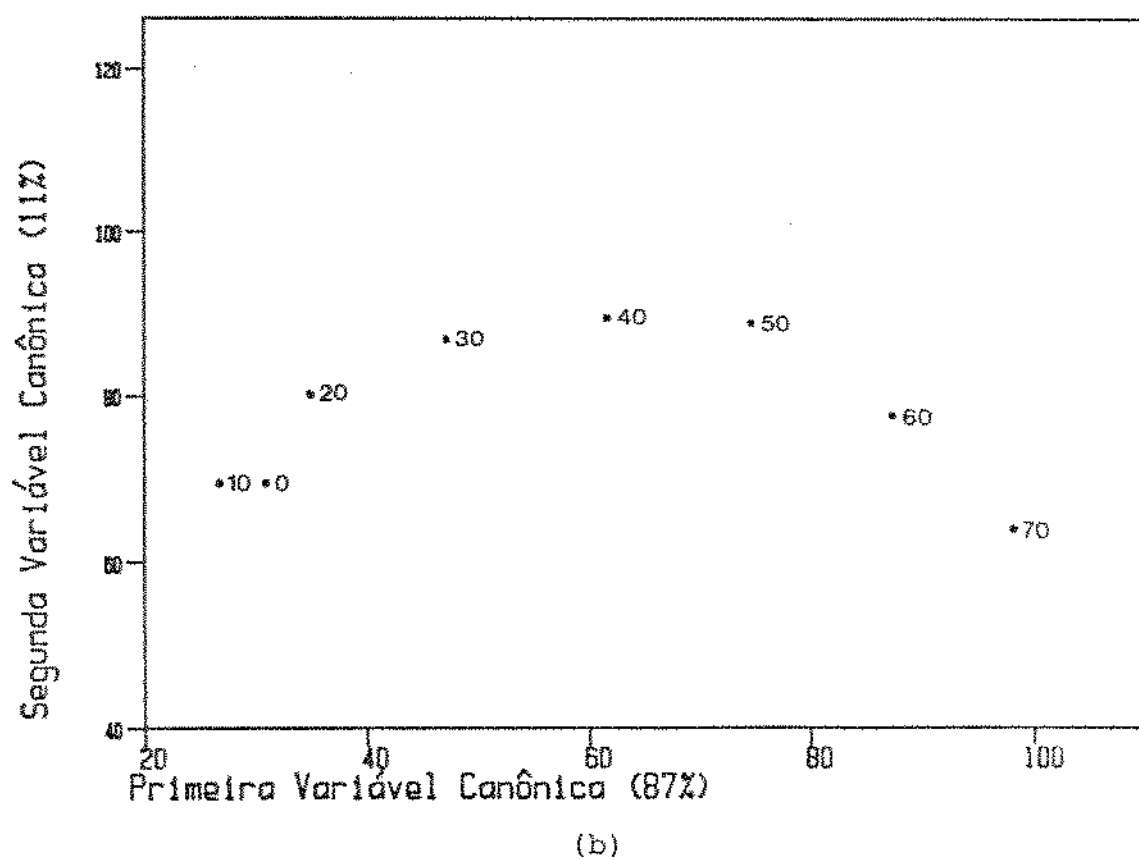
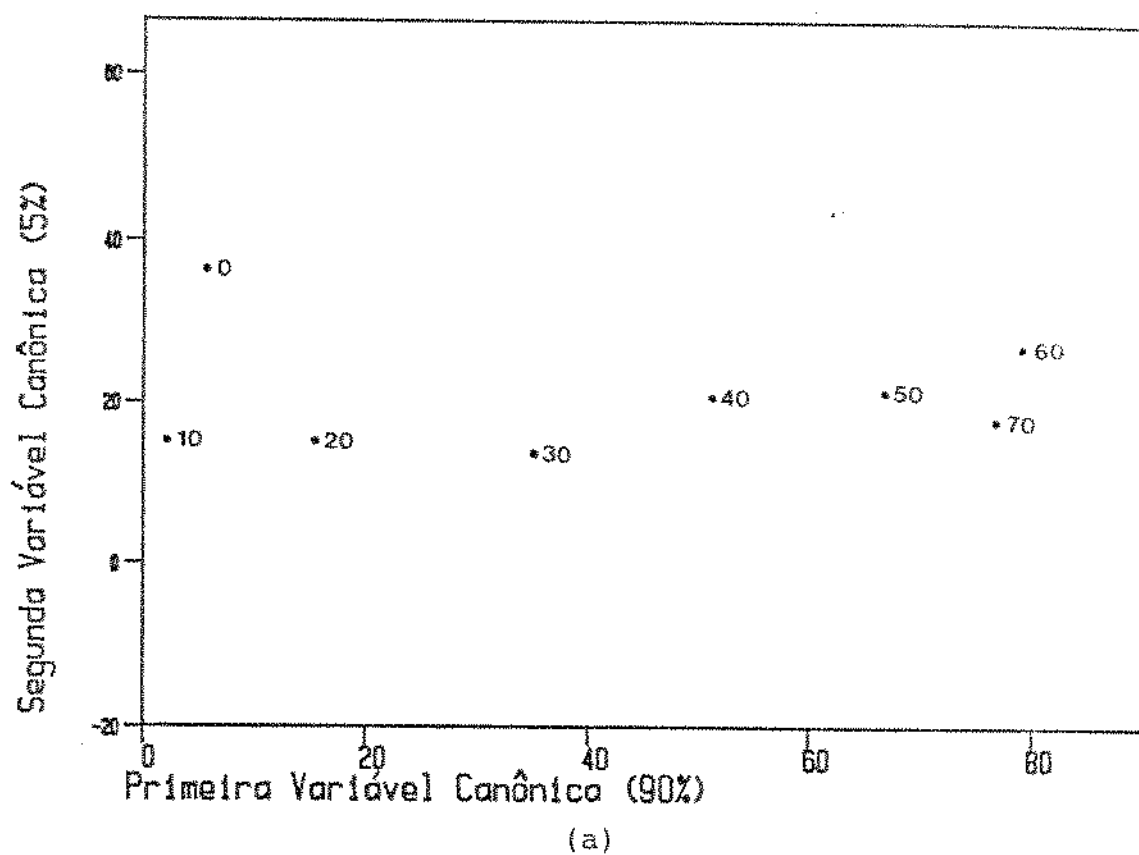


Figura IV.8 - Representação canônica com relação às duas primeiras variáveis das populações com distintas porcentagens de substituição por goma (0 + 70%) para géis de distinta concentração total de hidrocolóides: (a) 0,5% e (b) 0,75%. (Raio de confiança_{5%} = 1,568).

ças aumentam progressivamente com a porcentagem substituída. Nas amostras com 0,5%, a tendência é similar, pois essas diferenças com respeito a primeira variável também se verificam quando a porcentagem é maior que 20%, porém, observa-se uma discrepância com relação à população de amostras com 70% de goma, cuja distância da população de 0% goma é aproximadamente a mesma que a apresentada pela população de 60% de goma. Uma interpretação para que isto ocorra pode ser que, estes sejam níveis de porcentagens de substituição demasiadamente altos para uma concentração total tão baixa como é a de 0,5%, ou seja, existe um excesso de goma substituída para o que resta de k-carragenato.

Com relação à segunda variável, as amostras de 0,5% com goma, apresentaram valores sempre inferiores aos da amostra sem goma, enquanto que nas amostras de 0,75%, a tendência foi inversa, ou seja, a maioria delas (exceto 10 e 70%) apresentou valores superiores aos da amostra gelificada unicamente com k-carragenato.

Outro aspecto que se destaca, ao comparar os dois gráficos é a distância entre as populações de amostras sem gomas e as com 10% de gomas. Para 0,75% de concentração total esta é muito menor, ou seja, as diferenças no comportamento mecânico entre estas duas populações são muito menos acentuadas. Aqui também se pode intuir que esta concentração total é bastante alta para que as características mecânicas do gel não se modifiquem acentuadamente ao substituir-se 10% do k-carragenato por gomas.

Os resultados da MANOVA para a interação entre os dois fatores estudados anteriormente (tipo de goma e porcentagem de substituição por goma), que estão apresentados na Figura IV.9,

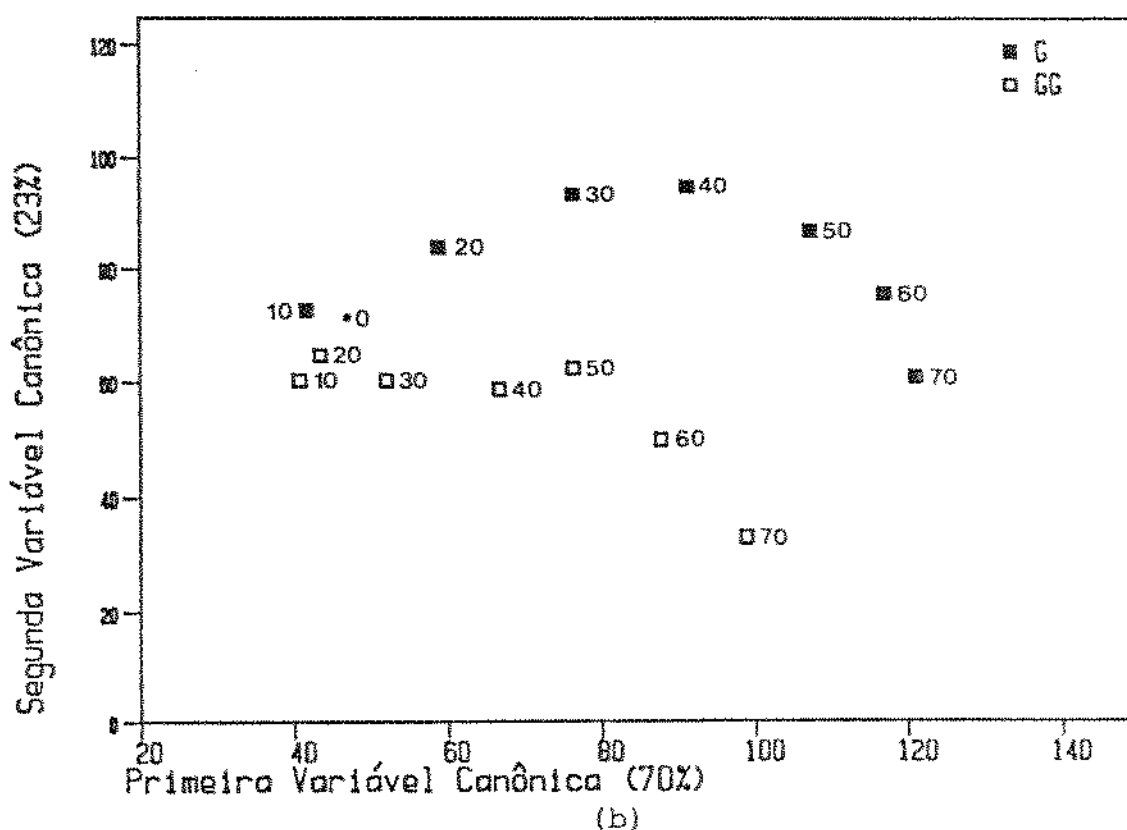
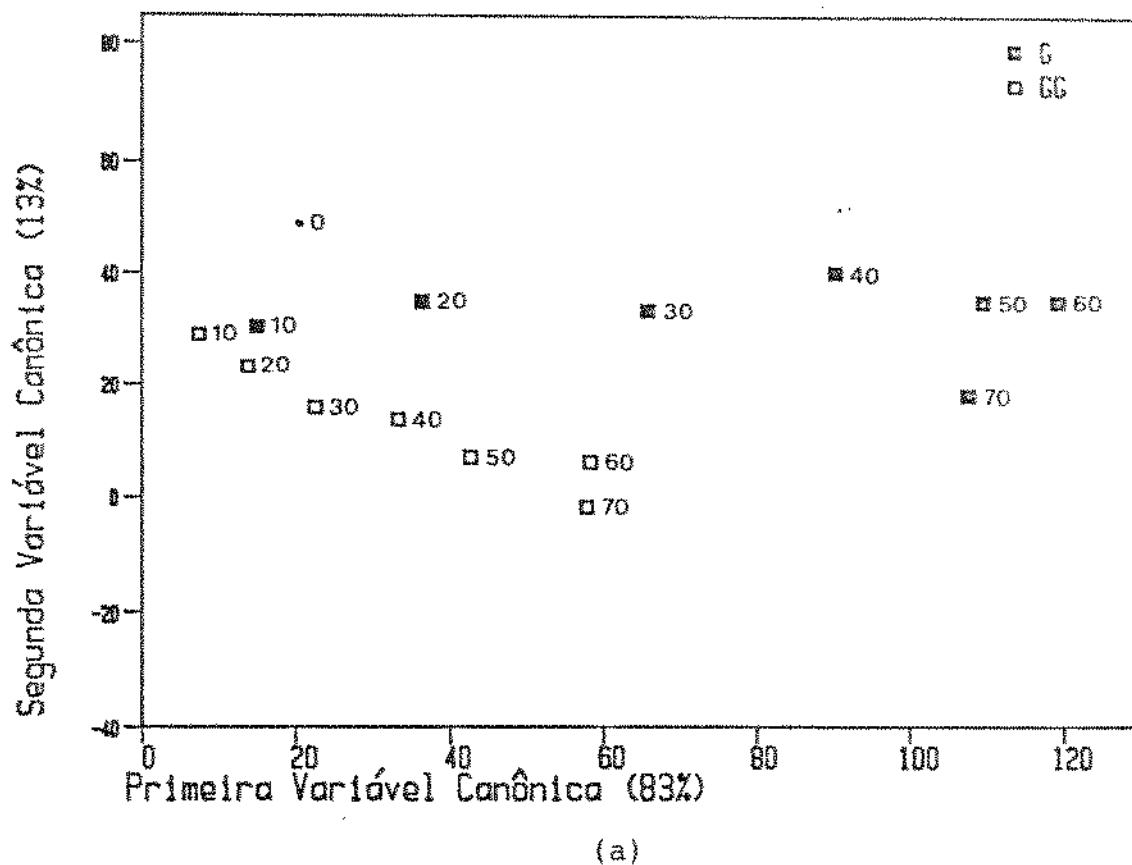


Figura IV.9 - Representação canônica com relação às duas primeiras variáveis das populações com distintas porcentagens de substituição (0 + 70%) de goma garro fim (G) e de mistura de gomas (GG) para géis de distinta concentração total de hidrocolóides: (a) 0,5% e (b) 0,75%. (Raio de confiança_{5%} = 2,217).

indicam que todas as variações de composição das amostras provocaram diferenças no comportamento mecânico. Os dois grupos de concentração total (0,5 e 0,75%) apresentaram resultados similares com relação à porcentagem de explicação atingida pelas duas primeiras variáveis canônicas, que foi de 97 e 95%, para 0,5 e 0,75%, respectivamente.

Como era de se esperar, estes resultados refletem o que já havia sido observado para cada um dos fatores em separado (Figura IV.7 e IV.8), ou seja, aqui se pode observar um detalhamento da informação já obtida anteriormente. Neste sentido, também se pode separar as amostras com goma garrofin das amostras com a mistura de goma garrofin + guar, confirmando a diferença entre os tipos de goma já verificada na Figura IV.7.

Neste caso, tanto para 0,5% de concentração total (Figura IV.9a), como para 0,75% (Figura IV.9b), considerando-se a mesma porcentagem de goma, as amostras substituídas com goma garrofin apresentaram valores superiores para a segunda variável canônica, localizando-se na parte superior dos gráficos, enquanto que as amostras com goma garrofin + guar localizaram-se na parte inferior. Além disso, as amostras com a mistura de gomas também apresentaram valores mais baixos para a primeira variável canônica, distribuindo-se muito mais próximas das amostras sem adição de goma.

Por outro lado, o aumento nos valores para a primeira variável canônica, segundo o aumento da porcentagem de substituição por goma, que já havia sido revelado no estudo deste fator (Figura IV.8), foi muito menos acentuado para as amostras com goma garrofin + guar, principalmente para concentrações de goma menores que 50%.

Outro aspecto já enfocado anteriormente no estudo do efeito da porcentagem de substituição por goma (Figura IV.8), que se vê refletido aqui, é com relação aos valores das amostras sem goma, para a segunda variável canônica. No caso das amostras com 0,5% de concentração total, este valor continua sendo superior a todos os outros, porém, no caso das amostras com 0,75%, somente as amostras com goma garrofin continuaram apresentando valores mais altos que os da amostra sem goma.

Portanto, de um modo geral, conclui-se que as substituições de goma em géis de k-carragenato provocam muito mais mudanças no comportamento mecânico destes géis quando a goma utilizada é a goma garrofin, do que quando se utiliza a mistura de gomas garrofin e guar.

De todo o estudo de MANOVA, deduz-se que pequenas modificações na composição deste tipo de géis dão lugar a modificações significativas no comportamento mecânico. Porém, do ponto de vista prático, também pode ser interessante analisar o efeito dos fatores de composição considerando cada uma das características mecânicas que definem este comportamento e estudar a evolução das mesmas em função destes fatores.

IV.1.2.2 - Influência dos fatores de composição nas distintas características mecânicas

Uma vez realizada a análise considerando conjuntamente os oito parâmetros selecionados para avaliar o comportamento mecânico dos géis, procedeu-se a um estudo considerando cada um dos oito parâmetros (Tabela IV.5) em separado, para verificar a influência dos fatores considerados em cada um deles.

Para este estudo da influência da composição no comportamento de cada parâmetro, realizou-se para cada um deles, uma análise de variância (ANOVA) de dois fatores com interação, considerando cada um dos grupos de amostras em separado (0,5 e 0,75% de concentração total).

Como resultado das ANOVAS com as amostras a 0,5% de concentração total, foi encontrado que os dois fatores analisados (tipo de goma e porcentagem de goma substituída) assim como a interação entre eles influenciaram significativamente ($p < 0,05$) nas médias obtidas para todos os parâmetros (Tabela IV.6). Com relação às amostras com 0,75% de concentração total, ocorre o mesmo, com exceção da elasticidade que apresenta valores de F não significativos, ao nível de probabilidade de 5%, para o efeito tipo de goma e para a interação entre tipo de goma e porcentagem de goma substituída (Tabela IV.7). Tendo sido verificada a discriminação entre as amostras, foram calculados os valores de diferença mínima significativa (DMS) a serem utilizados para a comparação de médias. A exceção do parâmetro elasticidade para as amostras de concentração total de 0,75% (Tabela IV.7), que apresentava interação não significativa, foram comparadas as médias obtidas em cada porcentagem de substituição, dentro de cada tipo de goma.

Tabela IV.6 - Valores de F da análise de variância de cada parâmetro mecânico e diferenças mínimas significativas (DMS) para géis com 0,5% de concentração total de hidrocolóides

PARÂMETROS	EFEITOS		
	TIPO DE GOMA	% GOMA	INTERAÇÃO
Elasticidade ⁽¹⁾ (N/cm)	F 21,36*	88,61*	14,23*
	DMS 5% -	-	16,19
F _{patamar} - lâmina ⁽²⁾ (N)	F 438,10*	114,67*	29,69*
	DMS 5% -	-	0,0229
Coesividade - lâmina ⁽²⁾ (cm)	F 418,07*	29,14*	14,85*
	DMS 5% -	-	0,237
F _{cone} ⁽¹⁾ (N)	F 170,32*	36,90*	10,24*
	DMS 5% -	-	0,216
Módulo de Elasticidade E ₁ ⁽³⁾ (N/mm ²)	F 677,93*	299,63*	38,40*
	DMS 5% -	-	0,346
Módulo de Elasticidade E ₂ ⁽³⁾ (N/mm ²)	F 549,14*	213,76*	33,97*
	DMS 5% -	-	0,316
F _{máx} - compressão ⁽³⁾ (N)	F 9006,67*	645,48*	496,70*
	DMS 5% -	-	0,494
Deformação ⁽³⁾ (%)	F 4429,62*	823,49*	222,85*
	DMS 5% -	-	1,51

* Valor significativo ao nível de 5%

(1) Valores dos parâmetros na Tabela IV.1.a

(2) Valores dos parâmetros na Tabela IV.2.a

(3) Valores dos parâmetros na Tabela IV.3.a

Tabela IV.7 - Valores de F da análise de variância de dois fatores de cada parâmetro mecânico e diferenças mínimas significativas (DMS) para géis com 0,75% de concentração total de hidrocolóides

PARÂMETROS	EFEITOS		
	TIPO DE GOMA	% GOMA	INTERAÇÃO
Elasticidade ⁽¹⁾ (N/cm)	F	3,21 ^{ns}	45,57*
	DMS 5%	-	13,13
F _{patamar} - lâmina ⁽²⁾ (N)	F	809,07*	278,81*
	DMS 5%	-	0,0313
Coesividade - lâmina ⁽²⁾ (cm)	F	448,94*	44,39*
	DMS 5%	-	0,188
F _{cone} ⁽¹⁾ (N)	F	347,29*	65,00*
	DMS 5%	-	0,287
Módulo de Elasticidade E ₁ ⁽³⁾ (N/mm ²)	F	1952,81*	585,36*
	DMS 5%	-	0,287
Módulo de Elasticidade E ₂ ⁽³⁾ (N/mm ²)	F	2687,77*	1028,07*
	DMS 5%	-	0,316
F _{máx} - compressão ⁽³⁾ (N)	F	6332,56*	296,12*
	DMS 5%	-	1,216
Deformação ⁽³⁾ (%)	F	3367,62*	508,03*
	DMS 5%	-	1,799

* Valor significativo ao nível de 5%

ns Valor não significativo

(1) Valores dos parâmetros na Tabela IV.1.b

(2) Valores dos parâmetros na Tabela IV.2.b

(3) Valores dos parâmetros na Tabela IV.3.b

IV.1.2.3. Evolução das características mecânicas com a composição

Para uma melhor visualização de como a composição das amostras influencia na evolução das características mecânicas, foram construídas as curvas apresentadas nas Figuras IV.10 a IV.17, com os valores médios obtidos para cada uma dessas características (Tabela IV.1, IV.2 e IV.3). De um modo geral, as amostras a 0,75% de concentração total apresentaram valores mais altos que as de 0,5%, quando comparadas as mesmas porcentagens de substituição do mesmo tipo de goma. Também dentro de cada grupo de concentração total (0,5 e 0,75%), as amostras substituídas com goma garrofin apresentaram valores mais altos que as com goma garrofin + guar. O único parâmetro em que não se verificou estes dois comportamentos foi a elasticidade.

Além dessas informações globais, existe grande quantidade de informação que pode ser conseguida através da análise individual da evolução das curvas obtidas para cada parâmetro.

IV.1.2.3.1. Elasticidade

Ao estudar os resultados obtidos para elasticidade verifica-se uma diminuição nos valores das medidas obtidas, ao aumentar a porcentagem de substituição por goma (Figura IV.10). Isto ocorre mais claramente com as amostras a 0,75% de concentração total. Neste grupo de amostras, o fato de não haver sido encontrada diferença significativa ($p < 0,05$) para os dois tipos de goma e nem para a interação tipo de goma X % goma (Tabela IV.7), pode ser explicado ao observar a evolução quase coincidente das curvas obtidas para as amostras com goma garrofin e para as amostras com goma garrofin + guar. Porém, houve diferença sig-

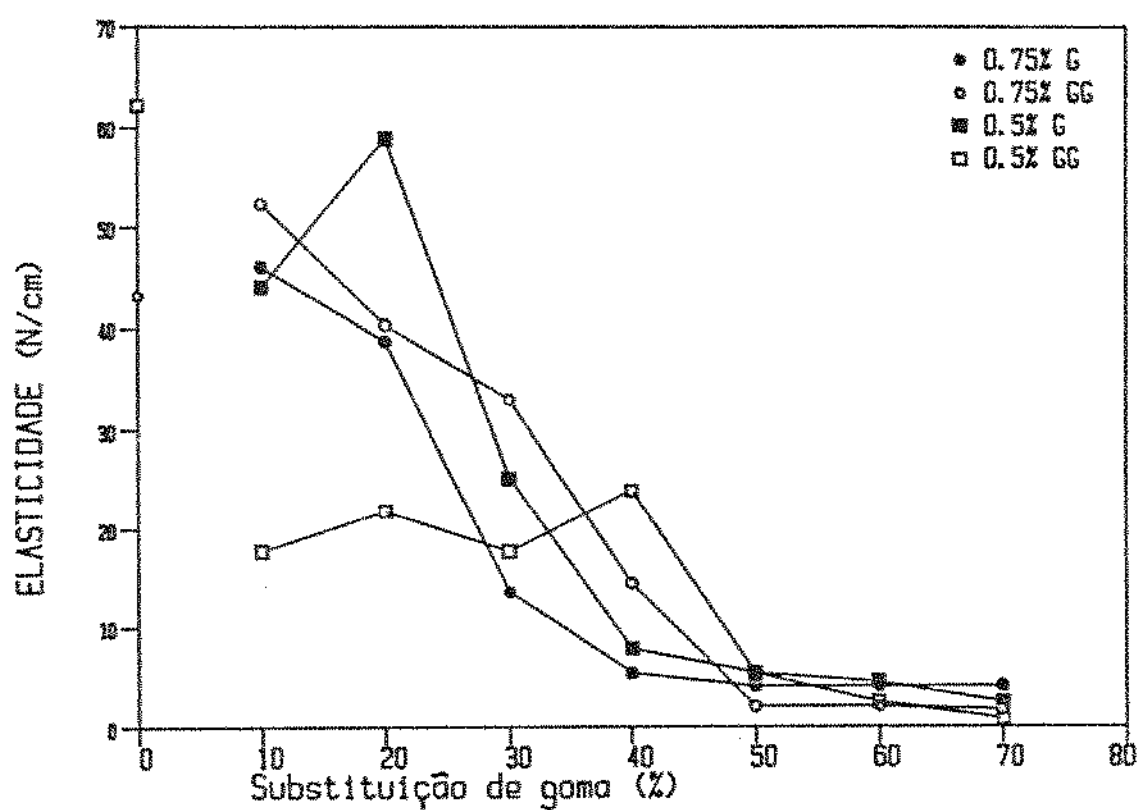


Figura IV.10 - Evolução dos valores obtidos para elasticidade, medida por penetração com cilindro, segundo o aumento da concentração de goma na amostra. Concentração total de hidrocolóides de 0,5% e de 0,75%.
Tipos de goma: garrofin (G) e mistura de garrofin + guar (GG).

nificativa ($p < 0,05$) entre as porcentagens de goma. Da comparação de médias para este efeito, foi concluído que existem dois grupos em que as amostras não diferem entre si: um deles formado pelas amostras com as mais baixas porcentagens de goma (0, 10 e 20%) para as quais foram obtidos os valores mais altos de elasticidade, e outro formado pelas amostras com porcentagens de goma mais altas (40 a 70%), às quais correspondem os valores mais baixos deste parâmetro.

Com as amostras a 0,5% de concentração total, foi observada uma evolução um pouco distinta. Embora às amostras com concentrações mais altas de goma (50 a 70%) correspondessem também os valores mínimos de medidas de elasticidade, para as amostras com menores porcentagens de substituição foram encontradas grandes diferenças entre os dois tipos de goma. Os valores para as amostras com 10 e 20% goma garrofin + guar foram muito inferiores aos valores para as amostras sem adição de goma ou com 10 e 20% goma garrofin. De todos estes comentários pode-se concluir que, quando a porcentagem de substituição é alta (50-70%), a elasticidade das amostras para os dois tipos de goma e para as duas concentrações consideradas é praticamente a mesma; e quando a porcentagem de substituição é menor (0-40%), o comportamento difere para os dois níveis de concentração total e no caso do nível de 0,5% também é distinto em função do tipo de goma substituída.

IV.1.2.3.2. Força de patamar (F_{patamar})

Com relação à evolução deste parâmetro (Figura IV.11), verificou-se que, tanto para as amostras a 0,5% como a 0,75% de concentração total, existe um aumento dos valores, embora não muito acentuado, em relação ao acréscimo das porcentagens de substituição por goma, sendo que os valores máximos foram os das amostras de concentração de goma igual ou maior que 50%. Observou-se também um grande grupo de amostras (sem goma, com 10% goma garrofin e com 10 a 40% goma garrofin + guar) com os valores mais baixos de F_{patamar} .

Cabe destacar que, somente para porcentagens de substituição mais altas que 30%, os valores obtidos com a goma garrofin são significativamente ($p < 0,05$) superiores aos obtidos quando se utiliza a mistura de goma garrofin + guar. Isto ocorre para os dois níveis de concentração de hidrocolóides e, inclusive, os valores deste parâmetro para os géis de 0,5% com goma garrofin são superiores aos dos géis de 0,75% com goma garrofin + guar.

IV.1.2.3.3. Coesividade

Como pode ser observado na Figura IV.12, a evolução deste parâmetro foi muito similar à do parâmetro F_{patamar} , ou seja, não ocorreu aumento acentuado de valores, com o aumento da porcentagem de goma, observando-se grandes grupos de amostras sem diferença significativa entre si ($p < 0,05$). Também neste caso, as substituições com goma garrofin dão valores superiores aos originados pelas substituições com a mistura de gomas para os dois níveis de concentração total e os correspondentes ao nível de 0,5% com goma garrofin são superiores (exceto quan

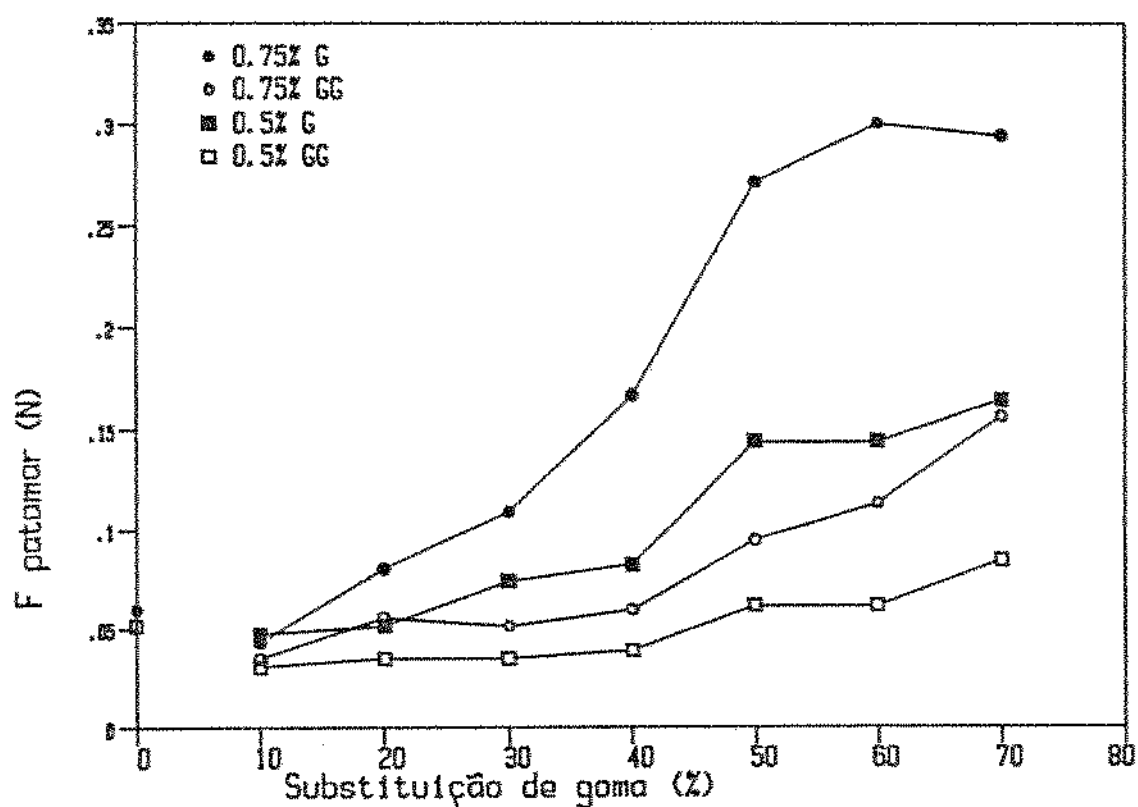


Figura IV.11 - Evolução dos valores obtidos para F_{patamar} , medida por corte com lâmina, segundo o aumento da concentração de goma na amostra. Concentração total de hidrocolóides de 0,5% e de 0,75%. Tipos de goma: garrofin (G) e mistura de garrofin + guar (GG).

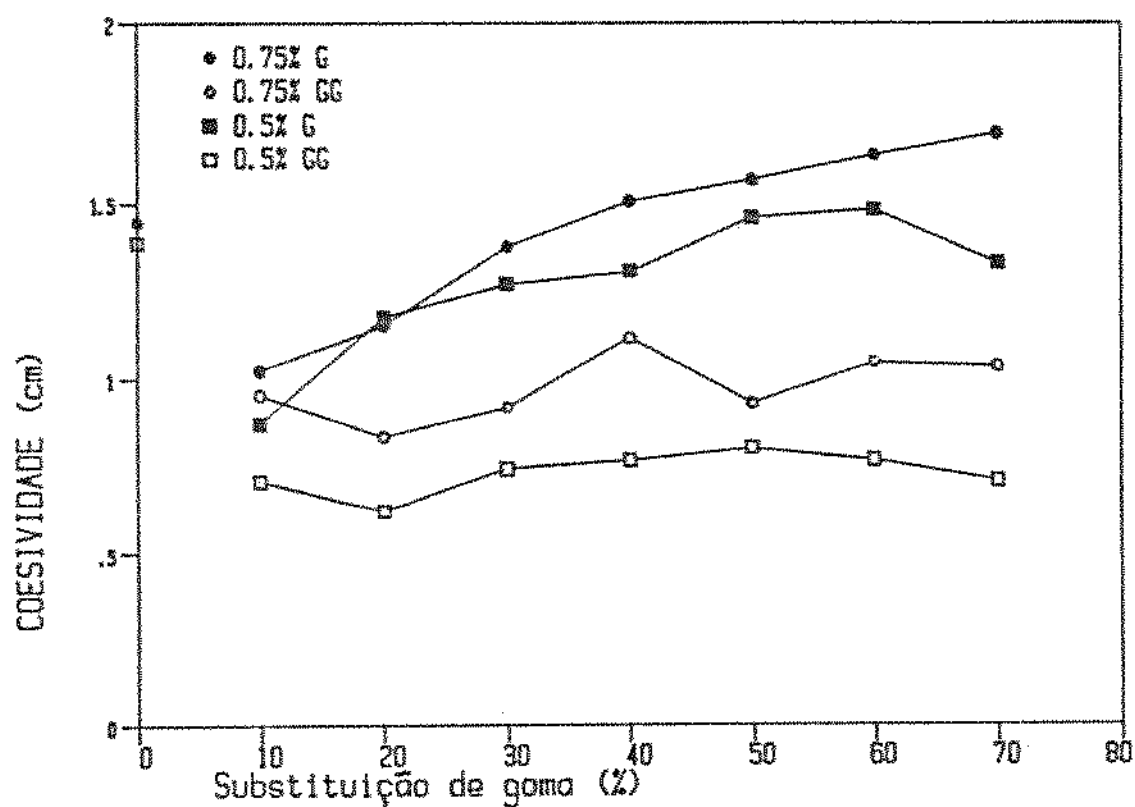


Figura IV.12 - Evolução dos valores obtidos para coesividade, medida por corte com lâmina, segundo o aumento da concentração de goma na amostra. Concentração total de hidrocolóides de 0,5% e de 0,75%. Tipos de goma: garrofin (G) e mistura de garrofin + guar (GG).

do a substituição é de 10%) aos de 0,75% com goma garrofim + guar. Porém, uma diferença marcante entre estes parâmetros foi observada com relação aos valores obtidos para as amostras sem goma, que apresentaram valores de coesividade significativamente ($p < 0,05$) maiores que os das amostras com 10% garrofim e os de todas as amostras com goma garrofim + guar.

Para as amostras a 0,75% de concentração total, os valores máximos de coesividade foram os das amostras com substituição igual ou maior que 50% goma garrofim, e os valores mínimos foram os das amostras com 10% goma garrofim e 10 a 30% goma garrofim + guar. E para o outro grupo a 0,5% de concentração total, em que a discriminação entre amostras foi muito menor, os valores máximos foram os das amostras sem goma ou com substituição igual ou maior a 20% goma garrofim, e os valores mínimos foram os de todas as amostras com substituições por goma garrofim + guar, em que não se verificou variação significativa ($p < 0,05$) em função do incremento da porcentagem de substituição.

Os resultados obtidos neste trabalho para o efeito da goma garrofim estão de acordo com os de Christensen e Trudsoe (1980). Estes autores trabalharam com géis mistos de k-carrageenato-goma garrofim a 1,0% de concentração total e substituições de 25, 50 e 75%. Embora não tenham realizado testes de corte e sim de penetração com cilindro, encontraram um aumento da coesividade com o aumento das proporções de goma.

IV.1.2.3.4. Força de penetração com cone (F_{cone})

Comparando-se as quatro curvas obtidas para este parâmetro (Figura IV.13), o que mais chama a atenção é a curva para as amostras a 0,75% de concentração total com goma garrofin, pela maneira que se distancia das outras três curvas, com seus valores muito mais altos. Nesta curva, observa-se, inicialmente, um aumento de valores com o acréscimo da porcentagem de substituição, seguido de uma diminuição, apresentando-se um máximo correspondente à amostra com 50% goma garrofin. Para 0,5% de concentração total, com relação à curva para as amostras substituídas com goma garrofin, observa-se um comportamento similar, embora com variações muito mais suaves, em que os valores máximos foram para 50 e 60% da substituição.

Quando os géis são substituídos pela mistura de goma garrofin + guar, para o nível de concentração total de 0,75%, o incremento da porcentagem substituída não modifica significativamente ($p < 0,05$) a resistência à penetração do cone. Para o nível de concentração total 0,5%, também não existe diferença significativa entre os valores obtidos quando a concentração da mistura de gomas é incrementada de 40 a 70%, porém, quando a porcentagem de substituição é menor, produz-se um mínimo ao 20%.

Uma informação também extraída destes resultados é com relação às porcentagens de substituição superiores a 40%. Os valores obtidos para os géis de 0,5% substituídos com goma garrofin são praticamente iguais aos obtidos para os géis de 0,75% com goma garrofin + guar.

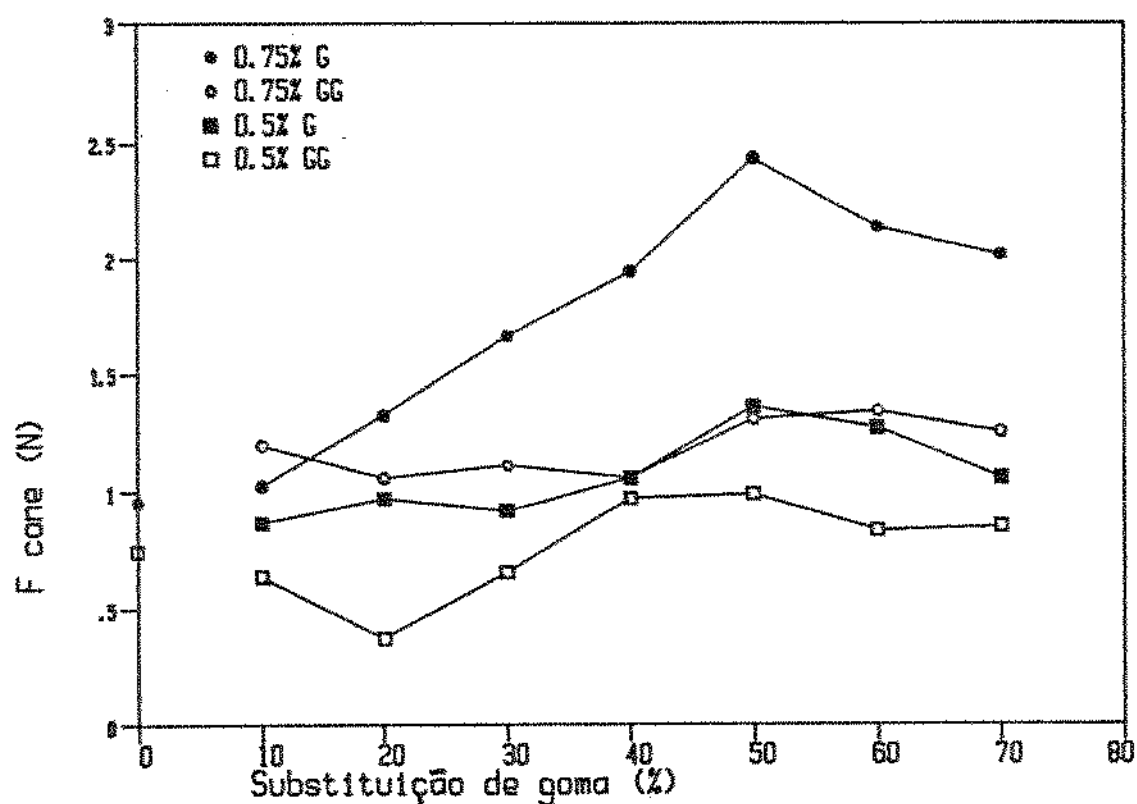


Figura IV.13 - Evolução dos valores obtidos para F_{cone} , medida por penetração com cone, segundo o aumento da concentração de goma na amostra. Concentração total de hidrocolóides de 0,5% e de 0,75%. Tipos de goma: garrofin (G) e mistura de garrofin + guar (GG).

IV.1.2.3.5. Módulos de elasticidade (E_1 e E_2)

As curvas obtidas para estes dois parâmetros (Figuras IV.14 e IV.15) foram analisadas conjuntamente, dada a similaridade que apresentam entre si, além da que existe entre os dois parâmetros conceitualmente. De um modo geral, verificou-se um aumento de valores seguido por uma diminuição, de acordo com o incremento da porcentagem de goma, sendo que para E_2 esta diminuição foi muito mais acentuada, cujos valores mínimos foram os correspondentes às amostras com 70% de substituição.

Quando se utiliza goma garrofin, produz-se um incremento de E_1 e E_2 até que a porcentagem de substituição alcance 30 a 40% e depois uma queda, para os dois níveis de concentração total (0,5 e 0,75%). Porém, ao substituir com a mistura de goma garrofin + guar, estes parâmetros apresentaram uma importante diferença de comportamento para as menores porcentagens de goma substituída. Enquanto para E_1 observou-se um aumento de valores, embora fosse moderado, para E_2 isto não ocorreu. Os valores de E_2 das amostras com 10 a 40% de substituição, a 0,5% de concentração total, e com 20 e 50% de substituição, a 0,75% não apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) com a amostra sem adição de goma. Portanto, pode-se concluir que, para estes níveis de concentração total de hidrocolóides, substituindo uma parte do k-carragenato pela mistura de goma garrofin + guar, pode ser obtido um aumento nos valores de E_1 , porém não nos valores de E_2 .

Outra informação que merece destaque é que para ambos os módulos, todos os valores obtidos para as amostras de 0,75% de concentração total foram superiores aos de 0,5%. Porém, existiu a exceção dos valores correspondentes a 30 e 40% de substi-

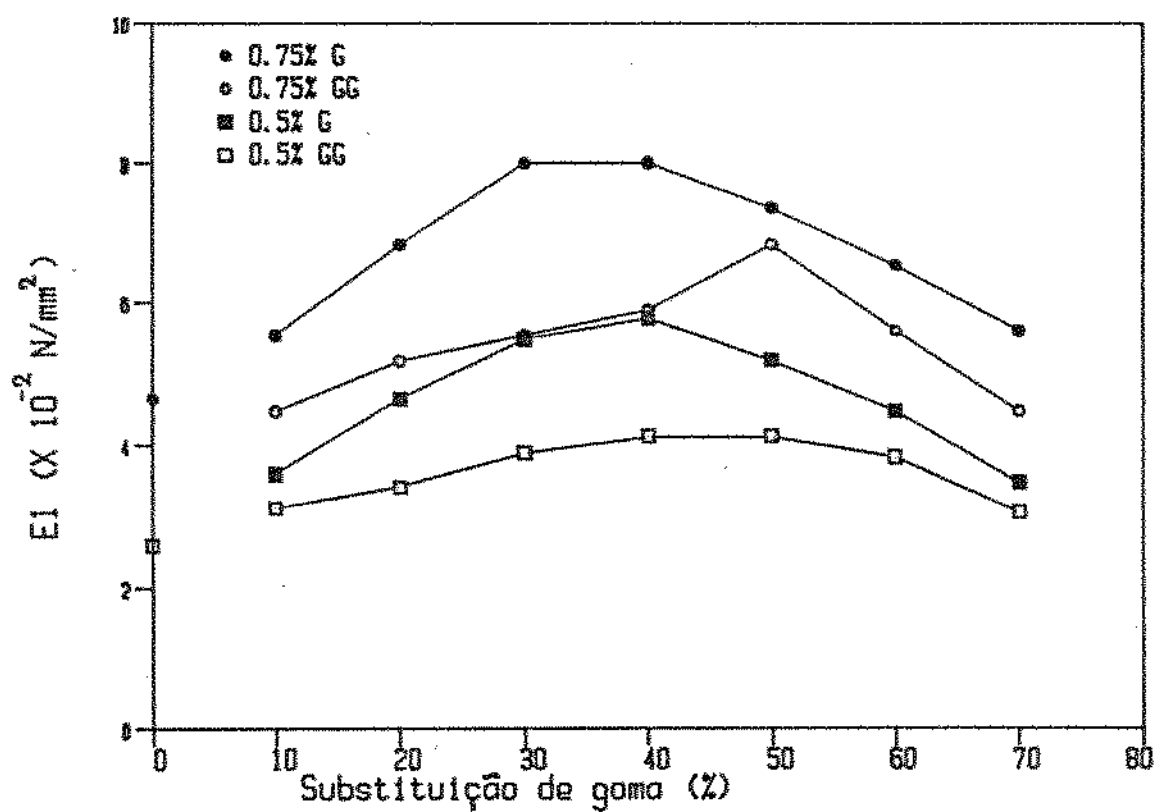


Figura IV.14 - Evolução dos valores obtidos para módulo de elasticidade E_1 (entre 10 e 20% de compressão), segundo o aumento da concentração de goma na amostra.

Concentração total de hidrocolóides de 0,5% e de 0,75%.

Tipos de goma: garrofin (G) e mistura de garrofin + guar (GG).

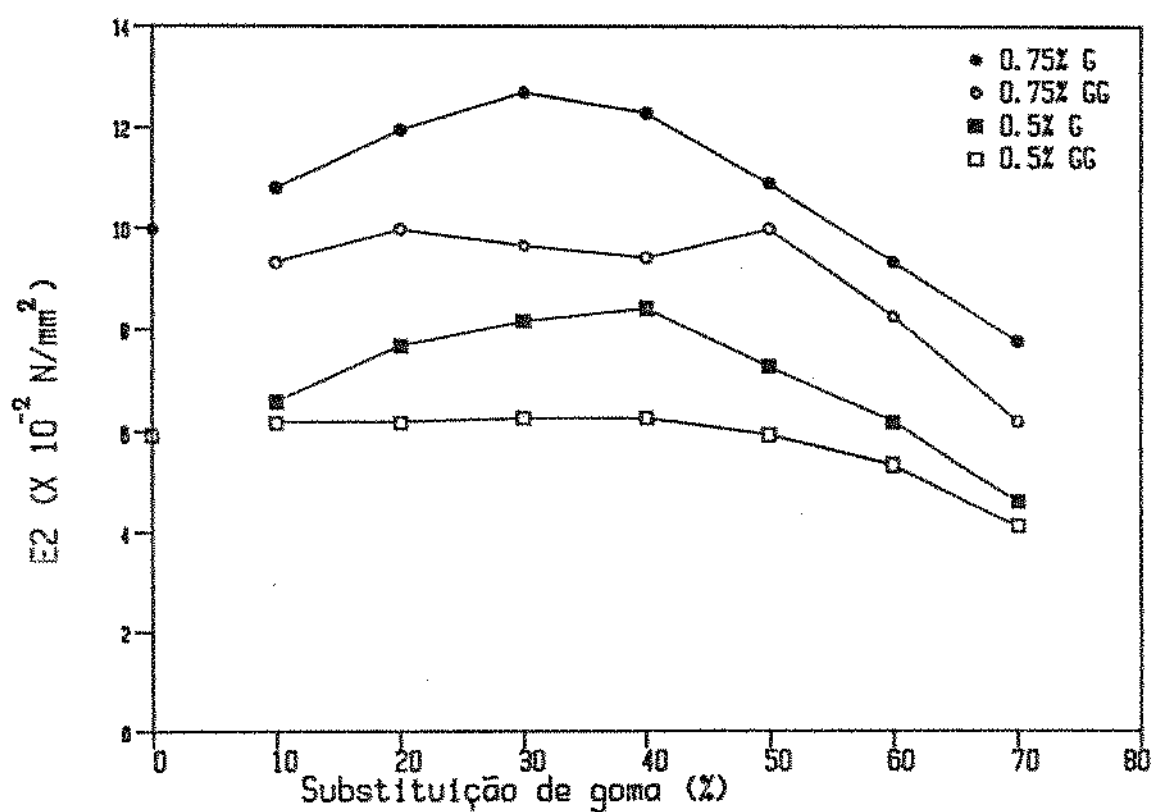


Figura IV.15 - Evolução dos valores obtidos para módulo de elasticidade E_2 (entre 20 e 30% de compressão), segundo o aumento da concentração de goma na amostra.

Concentração total de hidrocolóides de 0,5% e de 0,75%.

Tipos de goma: garrofin (G) e mistura de garrofin + guar (GG).

tuição para E_1 , em que os valores de 0,75% com goma garrofim + guar são praticamente idênticos aos de 0,5% com goma garrofim.

Os resultados obtidos neste trabalho estão de acordo com os encontrados por Fiszman et alii (1987). Estes autores estudaram o efeito da substituição de distintas proporções de k-carragenato (5, 25, 50 e 75%) por goma garrofim e encontraram que, para os géis a 0,5 e 0,75% de concentração total, o módulo de elasticidade sofre uma diminuição significativa a partir de 50% goma garrofim. Também verificaram, com relação ao efeito da concentração total dos géis, que os valores mais altos de módulo corresponderam aos géis de concentração mais alta (0,75%). Cairns et alii (1986), num estudo similar, observaram uma diminuição do módulo de elasticidade a uma porcentagem de goma um pouco distinta (ligeiramente superior a 20%), porém os géis utilizados neste caso eram de concentração total mais alta (1,5 e 2,0%).

IV.1.2.3.6. Força máxima ($F_{\text{máx}}$)

Como pode ser observado na Figura IV.16, o parâmetro $F_{\text{máx}}$ medido por compressão assemelha-se muito à força medida por penetração com cone (Figura IV.13).

Quando se utiliza goma garrofim para as duas concentrações totais de hidrocolóides, ao incrementar a porcentagem de substituição, verifica-se um aumento seguido por uma diminuição dos valores, com os pontos máximos entre as amostras com 50 e 60% e o mínimo para 10% de substituição, a qual apresentou valores menores que o gel de k-carragenato sem goma. Estes resultados coincidem com os encontrados por Fiszman et alii (1987), que estudaram o efeito da substituição de k-carragenato por

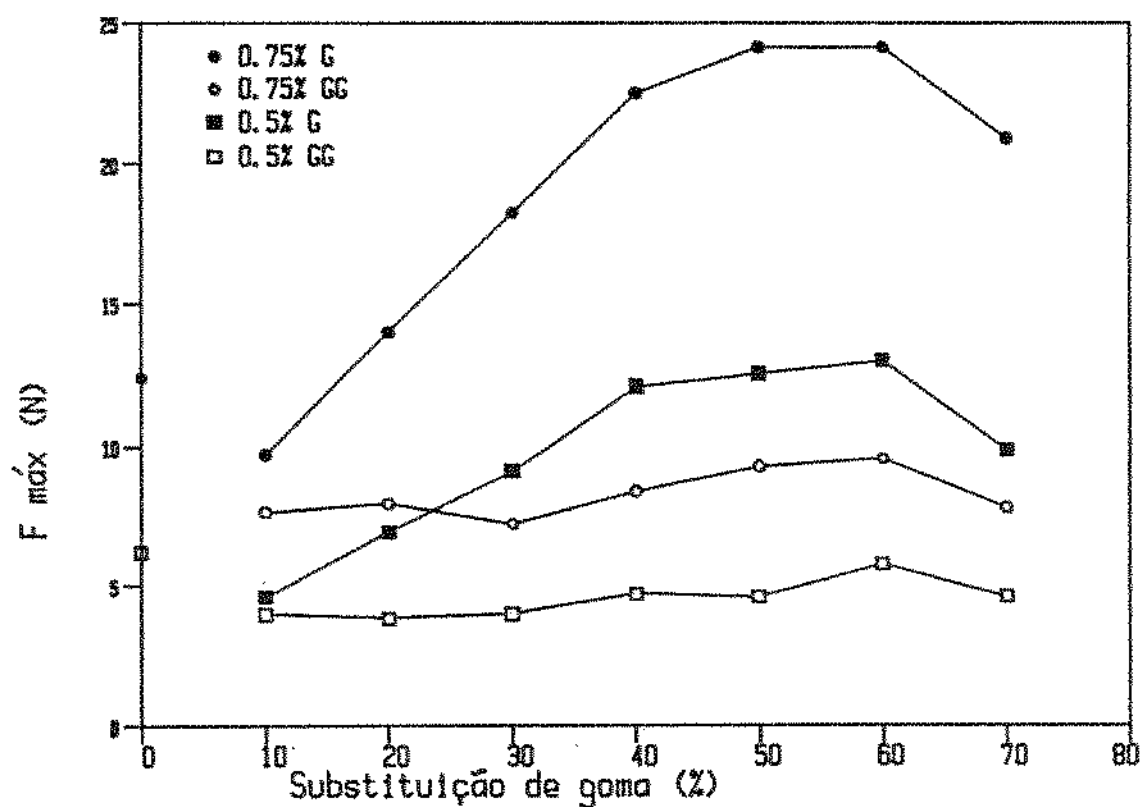


Figura IV.16 - Evolução dos valores obtidos para $F_{\text{máx}}$, medida por compressão, segundo o aumento da concentração de goma na amostra.

Concentração total de hidrocolóides de 0,5% e de 0,75%.

Tipos de goma: garrofim (G) e mistura de garrofim + guar (GG).

5, 25, 50 e 75% goma garrofin. Para os géis a 0,5 e 0,75% de concentração total, os valores mais altos de $F_{\text{máx}}$ foram os correspondentes aos géis com 50% de substituição. Os valores mais baixos foram os obtidos para os géis com 5% goma garrofin, que foram também inferiores aos dos géis sem adição de goma. Outros autores (Carrol et alii, 1984; Cairns et alii, 1986) também observaram este sinergismo entre o k-carragenato e a goma garrofin. Porém, nestes casos, os géis eram a concentração total de 1,5 a 2,0% e os valores máximos de $F_{\text{máx}}$ foram para uma relação de 2:1 entre ambos os hidrocolóides.

A evolução da $F_{\text{máx}}$ quando a substituição é de goma garrofin + guar, é similar a do outro tipo de goma, também com os valores máximos entre 50 e 60% de substituição. Porém, aqui o aumento não é tão pronunciado e, para as duas concentrações totais, os valores são sempre inferiores aos do gel somente com k-carragenato, independentemente da percentagem de goma. Baidón et alii (1987) também observaram que a presença de goma guar em géis de k-carragenato provoca uma notável diminuição da força do gel. Trabalhando com géis a 1, 1,25 e 1,5% de concentração total, ao substituir 50% do k-carragenato por uma mistura em partes iguais de goma garrofin e guar, a $F_{\text{máx}}$ foi inferior a dos géis de k-carragenato de igual concentração.

Comparando-se as curvas obtidas para os dois níveis de concentração total, verifica-se que, para o mesmo tipo de goma substituída, os valores para o nível de 0,75% são sempre superiores, porém, a partir de 30% de substituição de gomas os valores para 0,5% com goma garrofin são muito superiores aos de 0,75% com goma garrofin + guar.

IV.1.2.3.7. Deformação

Ao estudar a evolução do parâmetro deformação até a ruptura, o que mais chama a atenção é a similaridade de comportamento das amostras para as duas concentrações totais (0,5 e 0,75%). Conforme se observa na Figura IV.17, as curvas para cada tipo de goma apresentam um grande paralelismo. Em vista disso, pode-se concluir que, para este parâmetro, existe uma influência muito maior do tipo de goma substituída que da concentração total de hidrocolóides no gel.

Embora se observe para os dois tipos de goma um aumento de valores com o incremento da porcentagem de goma substituída (máximo para 60-70%), no caso da curva para substituições com goma garrofin + guar, esse aumento é menos acentuado, não sendo verificada diferença significativa ($p < 0,05$) entre as concentrações de goma com valores mais baixos de deformação (10 a 30%).

Um aspecto interessante a destacar é a comparação dos valores obtidos para as amostras sem adição de goma com os das outras amostras. Entre as amostras substituídas com goma garrofin, somente a amostra com 10% goma apresenta valores significativamente ($p < 0,05$) inferiores aos da amostra sem goma. Quando as substituições são de goma garrofin + guar, os valores são menores que os dos géis sem goma até que a porcentagem de substituição alcance 60%.

O aumento da deformação para os géis com as mais altas proporções de goma é coerente com os resultados obtidos para a evolução dos módulos de elasticidade (E_1 e E_2), em que se observou uma diminuição de valores para os géis com mais de 40% de goma. De acordo com Fiszman et alii (1987), a diminuição dos valores do módulo é um índice direto do aumento da deformabilidade das amostras.

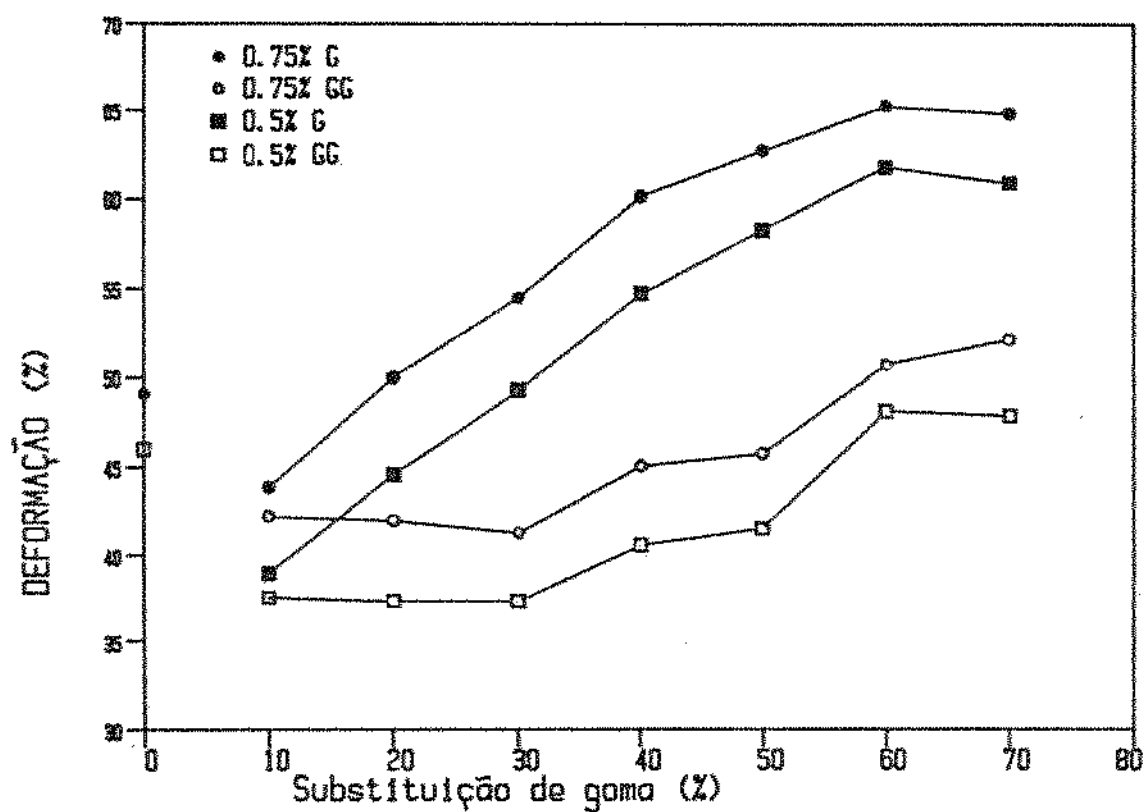


Figura IV.17 - Evolução dos valores obtidos para deformação até a ruptura medida por compressão, segundo o aumento da concentração de goma na amostra. Concentração total de hidrocolóides de 0,5% e de 0,75%. Tipos de goma: garrofin (G) e mistura de garrofin + guar (GG).

De toda a informação obtida da análise individual do comportamento dos oito parâmetros selecionados, também podem ser tiradas outras conclusões globais, como as que são expostas a seguir:

- Os géis substituídos com goma garrofin apresentaram uma variação de resultados, segundo o aumento da concentração de goma, muito maior que os substituídos com a mistura de goma garrofin + guar. Isto, que já havia sido verificado no estudo de MANOVA, em que as amostras com goma garrofin apresentavam maior distanciamento entre si (Figura IV.9), agora foi confirmado com o estudo de ANOVA para cada parâmetro. Observou-se discriminação significativa ($p < 0,05$) muito mais freqüente ao comparar as várias porcentagens de substituição de goma garrofin que as de goma garrofin + guar, que apresentavam grupos de amostras sem diferença entre si.

- Os valores obtidos para as amostras sem substituição de goma (0% goma), para a metade dos parâmetros (F_{cone} , E_2 , $F_{máx}$ e deformação), foram comparáveis aos das amostras que apresentavam valores intermediários (nem máximos, nem mínimos). Porém, para dois dos parâmetros (elasticidade e coesividade) seus valores não diferiram significativamente ($p < 0,05$) dos das amostras com os valores mais altos, e para outros dois ($F_{patamar}$ e E_1) seus valores estão entre os mais baixos obtidos. Portanto, as substituições de gomas nos géis de k-carragenato provocam na metade dos parâmetros, inicialmente, uma diminuição e, depois, um aumento dos valores medidos; em certos parâmetros, são obtidos somente valores mais baixos e, em outros, são obtidos somente valores mais altos que o da amostra sem goma.

- Depois desta análise do comportamento de cada parâmetro em separado, evidencia-se claramente o quanto o comporta-

mento do parâmetro elasticidade se distingue dos comportamentos dos outros parâmetros. Em vista disso, é fácil compreender porque dos valores de coeficientes de correlação entre as características mecânicas (Tabela IV.4), os mais baixos foram para as correlações entre elasticidade e cada um dos outros parâmetros, e como consequência, também foi elasticidade o parâmetro que se apresentou mais isolado no estudo de agrupamento (Figura IV.6).

Por outro lado, o estudo da variação de cada parâmetro em função da composição, fornece uma informação útil quando se deseja conseguir a modificação de um determinado aspecto do comportamento mecânico sem alterar outros. A contribuição dos distintos fatores: concentrações totais de hidrocolóides, tipos de goma e porcentagens de substituição, podem proporcionar a base para a criação de produtos com uma característica mecânica determinada.

IV.2 - MEDIDA SENSORIAL DA TEXTURA

Não existe um procedimento sistemático para avaliar a textura não oral de géis de hidrocolóides. Diversos pesquisadores avaliaram distintos atributos com diferentes metodologias (Tabela II.1). Portanto, o primeiro objetivo deste capítulo é a seleção de parâmetros a estudar e a metodologia a ser empregada, para depois selecionar e treinar os provadores da equipe sensorial.

Por outro lado, embora já exista a informação de que a adição de gomas aos géis de k-carragenato altera alguns aspectos de sua textura, na literatura não foram encontrados estudos sistemáticos sobre os aspectos que se modificam, nem analisada a relação quantitativa entre as variações de composição dos géis e as mudanças perceptíveis de textura que estas provocam. Por isto, o segundo objetivo enfocado neste capítulo é o estudo da influência da composição dos géis na textura não oral dos mesmos.

IV.2.1 - Seleção de Atributos e de Provadores

IV.2.1.1 - Criação e definição de atributos descritores

Para a seleção de atributos primeiramente, procedeu-se a uma etapa inicial de criação e definição de termos descritores, já que os encontrados na literatura eram insuficientes, além de haver sido propostos de forma aleatória. Para isso, foi estabelecido um sistema de medida de textura não oral que pretendeu integrar os diferentes métodos utilizados por outros investigadores. A metodologia aqui proposta constou de quatro etapas:

(1ª) compressão com os dedos sem romper; (2ª) ruptura com os dedos; (3ª) corte com faca e (4ª) corte com colher.

Na criação dos parâmetros, com o método "The Kelly Repertory Grid", foram coletados 80 descritores, sendo: 17 na 1ª etapa, 21 na 2ª, 15 na 3ª e 27 na 4ª (Tabela IV.8). Foram observados grupos de atributos que davam o mesmo tipo de informação, ou seja, definiam um mesmo aspecto da textura como, por exemplo: nítida (limpa), cristalina, amorfa, fragmentada, pastosa e cremosa, que se referiam ao "tipo de ruptura" na 2ª etapa. Assim, depois de agrupar os descritores que expressavam a mesma idéia, foram selecionados os que apareciam com maior frequência (Tabela IV.8).

Estes atributos selecionados foram submetidos a discussão com a equipe de provadores, em presença de quatro das amostras previamente analisadas, chegando por consenso a uma lista de 20 descritores, que está apresentada na Tabela IV.9.

Para facilitar a avaliação dos atributos selecionados nesta fase, nas reuniões abertas da equipe sensorial, também foram discutidas as definições (Figura IV.18), com as quais foram elaboradas as fichas (Figura IV.19).

O termo "resistência" já havia sido utilizado num trabalho de Levitt (1977), em que os provadores eram orientados para comprimir os géis com uma colher. Okamoto et alii (1973) empregaram o termo "elasticidade" na avaliação de géis de gelatina por compressão com espátula. Em outros trabalhos foi utilizado o termo "firmeza": Cooper et alii (1977) na avaliação de géis de proteína por compressão com colher; Muñoz et alii (1986a, b) para géis de gelatina, alginato e k-carragenato na avaliação manual e

Tabela IV.8 - Descritores criados pelo método rede para textura não oral de géis de k-carragenato e gomas garro fim e guar⁽¹⁾.

Descritor	Nº de Menções	Descritor	Nº de Menções
1ª ETAPA (2)		3ª ETAPA (2)	
Resistência à compressão	35	Resistência ao corte	59
Dureza	21	Resistência inicial ao corte	27
Poder de recuperação	21	Facilidade de corte	7
Elasticidade	19	Dureza	4
Facilidade de deformação	10	Suavidade ao corte	3
Moleza	9	Deformação antes de cortar	2
Rigidez	7	Moleza	1
Ruptura ao comprimir	4	Elasticidade	1
Firmeza	2	Compacidade ao corte	1
Resistência inicial à compressão	2	Tipo de corte:	7
Gomosidade	2	- em etapas	2
Flexibilidade	1	- vítreo	1
Compacidade	1	- amorfo	1
Indeformabilidade	1	- contínuo	1
Viscosidade	1	- limpo	1
Flacidez	1	- rugoso	1
Perda de rigidez	1	4ª ETAPA (2)	
2ª ETAPA (2)		Resistência ao corte	49
Resistência à ruptura	52	Resistência inicial ao corte	13
Facilidade de romper	6	Facilidade de partir (de corte)	11
Elasticidade	5	Dureza	5
Dureza	5	Rigidez	3
Desintegrabilidade	2	Moleza	2
Deformabilidade antes de romper	2	Coesividade	2
Coesividade	2	Superfície lisa	2
Moleza	1	Firmeza	1
Compacidade	1	Leveza	1
Características dos pedaços:	29	Cremosidade	1
- tamanho dos pedaços	14	Elasticidade	1
- número dos pedaços	11	Consistência	1
- deformabilidade	1	Superfície rugosa	1
- angulosidade e consistência	1	Superfície escorregadia	1
- escorregadio	1	Tipo de corte:	21
- fluem entre os dedos	1	- suave	4
Tipo de ruptura:	16	- áspero	3
- pastosa	4	- limpo	2
- cremosa	4	- rugoso	2
- cristalina	3	- escorregadio	2
- nítida (limpa)	2	- resistente	2
- fragmentada	2	- firme	1
- amorfa	1	- fácil	1
		- granuloso	1
		- crocante	1
		- sonoro	1
		- chiante	1

(1) Dados obtidos com uma equipe de 12 provadores a partir da comparação por seis pares de tríadas de amostras de distinta composição.

(2) Identificação das etapas na Figura III.14.

Tabela IV.9 - Lista de 20 descritores inicialmente selecionados para definição da textura não oral de géis de k-carragenato com goma garrofin e guar.

1ª ETAPA:	1. Resistência inicial à compressão
(1)	2. Resistência à compressão
	3. Elasticidade
	4. Firmeza
	5. Deformabilidade
2ª ETAPA:	6. Deformação
(1)	7. Firmeza
	8. Resistência à ruptura
	9. Tipo de ruptura
	10. Tamanho dos pedaços
3ª ETAPA:	11. Resistência inicial ao corte
(1)	12. Deformação antes de cortar
	13. Resistência ao corte completo
	14. Tipo de corte
	15. Superfície da zona cortada
4ª ETAPA:	16. Resistência inicial ao corte
(1)	17. Resistência ao corte completo
	18. Firmeza
	19. Tipo de corte
	20. Superfície da zona cortada

(1) Identificação das etapas na Figura III.14.

1ª ETAPA⁽¹⁾

- RESISTÊNCIA INICIAL À COMPRESSÃO: Resistência que a amostra oferece durante a primeira compressão.
- RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO: Resistência que a amostra oferece durante a quarta compressão, depois de ser comprimida três vezes sucessivamente.
- ELASTICIDADE (poder de recuperação): Tendência com que a amostra deformada, recupera sua dimensão inicial quando se retira a pressão.
- FIRMEZA: Sensação de dura ou de mole, quando se aplica a pressão.
- DEFORMABILIDADE: Em que medida a amostra se deformou depois de ser comprimida por quatro vezes sucessivamente.

2ª ETAPA⁽¹⁾

- DEFORMAÇÃO: Grau de deformação da amostra até que se rompa.
- FIRMEZA: Sensação de dura ou de mole ao comprimir a amostra até a ruptura.
- RESISTÊNCIA À RUPTURA: Resistência que a amostra oferece ao romper-se.
- TIPO DE RUPTURA: Modo que se rompe a amostra, observando o aspecto dos pedaços resultantes: amorfa (cremoso, pastoso) ou cristalina (limpo).
- TAMANHO DOS PEDAÇOS: Tamanho predominante dos pedaços de cilindro obtidos depois da ruptura.

3ª ETAPA⁽¹⁾

- RESISTÊNCIA INICIAL AO CORTE: Resistência que a amostra oferece à penetração da faca.
- DEFORMAÇÃO ANTES DE CORTAR: Grau de deformação da amostra antes de iniciar o corte.
- RESISTÊNCIA AO CORTE COMPLETO: Resistência que opõe a amostra a ser cortada totalmente.
- TIPO DE CORTE: Modo que se corta a amostra; corte suave, contínuo, limpo ou corte rugoso, em etapas.
- SUPERFÍCIE DA ZONA CORTADA: Aspecto das superfícies obtidas com o corte, amorfa (cremosa) ou cristalina (vítrea).

4ª ETAPA⁽¹⁾

- RESISTÊNCIA INICIAL AO CORTE: Resistência que a amostra oferece à penetração da colher.
- RESISTÊNCIA AO CORTE COMPLETO: Resistência que a amostra oferece ao ser cortada totalmente com a colher.
- FIRMEZA: Sensação de dura ou de mole, que dá a amostra ao cortar com a colher.
- TIPO DE CORTE: Modo que se corta a amostra com a colher; suave, limpo, fácil ou rugoso, granuloso, chiante...
- SUPERFÍCIE DA ZONA CORTADA: Aspecto da superfície obtida depois do corte com a colher, amorfa (cremosa) ou cristalina (vítrea).

(1) Descrição das etapas na Figura III.14.

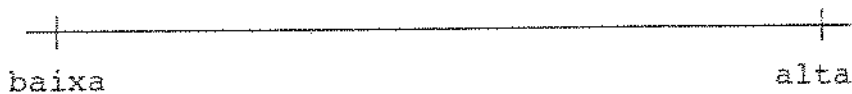
Figura IV.18 - Definição dos descritores de textura não oral de géis.

1a ETAPA

RESISTÊNCIA INICIAL

À COMPRESSÃO

(1ª pressão)



RESISTÊNCIA À

COMPRESSÃO

(4ª pressão)



ELASTICIDADE



FIRMEZA



DEFORMABILIDADE



Figura IV.19(a) - Ficha para a análise da textura não oral de géis.
1ª etapa (compressão com os dedos sem romper).

2ª ETAPA

DEFORMAÇÃO ANTES
DE ROMPER

baixa alta

FIRMEZA

mole dura

RESISTÊNCIA À
RUPTURA

baixa alta

TIPO DE RUPTURA

amorfa (pastosa) cristalina (limpa)

TAMANHO DOS
PEDAÇOS

pequeno grande

Figura IV.19(b) - Ficha para a análise da textura não oral de géis.
2ª etapa (ruptura com os dedos).

3ª ETAPA

RESISTÊNCIA INICIAL
AO CORTE



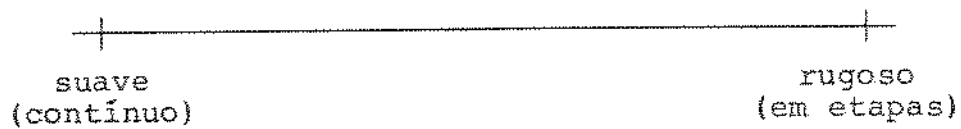
DEFORMAÇÃO ANTES
DE CORTAR



RESISTÊNCIA AO
CORTE COMPLETO



TIPO DE CORTE



SUPERFÍCIE ZONA
CORTADA



Figura IV.19(c) - Ficha para a análise da textura não oral de géis.
3ª etapa (corte com faca).

4ª ETAPA

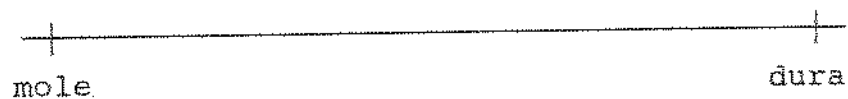
RESISTÊNCIA INICIAL
AO CORTE



RESISTÊNCIA AO
CORTE COMPLETO



FIRMEZA



TIPO DE CORTE



SUPERFÍCIE ZONA
CORTADA



Figura IV.19(d) - Ficha para a análise da textura não oral de géis.
4ª etapa (corte com colher).

por corte com faca; Lundgren et alii (1986) para géis de pectina avaliados por corte com faca. Os outros termos que aparecem na Tabela IV.9 não foram encontrados na literatura sobre texturano oral de géis. Portanto, a lista de descritores obtida neste trabalho vem trazer uma contribuição importante à terminologia neste campo.

IV.2.1.2 - Seleção de atributos discriminadores

Quando se começa a trabalhar com um produto novo e se tenta selecionar os termos a utilizar na análise sensorial, ocorre a dúvida se um termo é simplesmente um descritor, ou pode ser, um discriminador (Powers et alii, 1984). Neste ítem do trabalho, procurou-se verificar se os 20 descritores obtidos anteriormente também eram discriminadores e, entre eles, os que mais discriminavam as amostras, visando reduzir a lista de parâmetros utilizados.

Ao trabalhar com um produto novo, em que os seus atributos são desconhecidos e, além disso, não se dispõe de uma equipe previamente treinada para avaliá-lo, surge uma dúvida na seleção dos parâmetros: se um parâmetro não discrimina as amostras é porque esta característica não varia nessas amostras, ou os provadores não são capazes de detectar a diferença. Portanto, para obter uma informação global preliminar, foi realizada uma análise de variância multivariada (MANOVA), com os dados obtidos da análise dos 20 atributos de quatro amostras com quatro repetições. As amostras empregadas foram escolhidas de forma que representassem o mais possível os extremos das características estudadas.

Previamente, analisou-se a informação proporcionada pelos distintos atributos avaliados, calculando-se os coeficientes de correlação entre todos eles. Os coeficientes de correlação obtidos (Tabela IV.10), de um modo geral, não foram altos, com exceção de alguns deles, entre os atributos da 3ª e 4ª etapas. O valor mais alto ($r = 0,93$) foi entre "superfície da zona cortada com faca" (3ª etapa) e "superfície da zona cortada com colher" (4ª etapa). Dos 190 coeficientes de correlação, so-

Tabela IV.10 - Matriz de coeficiente de correlação entre os 20 parâmetros sensoriais (1).

Parâmetros	1ª ETAPA					2ª ETAPA					3ª ETAPA					4ª ETAPA				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1,00																			
2	0,78	1,00																		
3	-0,04	0,00	1,00																	
4	0,83	0,71	0,05	1,00																
5	0,04	-0,15	-0,37	-0,09	1,00															
6	0,35	0,21	-0,14	0,32	0,27	1,00														
7	0,69	0,61	0,00	0,72	-0,05	0,43	1,00													
8	0,62	0,50	-0,10	0,63	0,06	0,62	0,78	1,00												
9	-0,29	-0,11	0,27	-0,25	-0,53	-0,42	-0,24	-0,36	1,00											
10	0,22	0,11	-0,16	0,26	0,24	0,50	0,37	0,43	-0,42	1,00										
11	0,63	0,51	-0,08	0,71	0,06	0,48	0,71	0,81	-0,35	0,32	1,00									
12	0,58	0,51	-0,06	0,59	0,16	0,37	0,56	0,60	-0,36	0,26	0,69	1,00								
13	0,55	0,51	0,04	0,61	0,04	0,36	0,62	0,66	-0,30	0,25	0,76	0,65	1,00							
14	0,47	0,41	0,01	0,56	0,10	0,34	0,59	0,60	-0,25	0,25	0,67	0,53	0,71	1,00						
15	-0,18	-0,15	0,33	-0,11	-0,32	-0,19	-0,09	-0,17	0,57	-0,23	-0,10	-0,16	-0,04	0,02	1,00					
16	0,64	0,49	-0,01	0,66	0,00	0,50	0,68	0,77	-0,32	0,35	0,80	0,65	0,72	0,58	-0,11	1,00				
17	0,63	0,49	0,02	0,66	0,05	0,42	0,67	0,70	-0,34	0,31	0,72	0,65	0,77	0,65	-0,05	0,87	1,00			
18	0,61	0,46	-0,04	0,66	0,13	0,52	0,72	0,82	-0,41	0,41	0,78	0,66	0,72	0,64	-0,15	0,84	0,82	1,00		
19	0,36	0,34	0,07	0,44	-0,02	0,18	0,47	0,46	-0,12	0,06	0,50	0,32	0,50	0,64	-0,05	0,47	0,50	0,56	1,00	
20	-0,16	-0,12	0,35	-0,12	-0,34	-0,17	-0,07	-0,16	0,62	-0,20	-0,12	-0,17	-0,04	-0,01	0,43	-0,11	-0,05	-0,15	-0,08	1,00

(1) Identificação dos parâmetros na Tabela IV.9.

mente sete foram também maiores que 0,80, entre:

- "resistência inicial ao corte com colher", e "resistência ao corte com colher" (4ª etapa);
- "resistência inicial" e "firmeza" (1ª etapa);
- "resistência à ruptura" (2ª etapa) e "resistência inicial ao corte com faca" (3ª etapa);
- "resistência inicial ao corte com faca" (3ª etapa) e "resistência inicial ao corte com colher" (4ª etapa);
- "resistência à ruptura" (2ª etapa) e "firmeza" (4ª etapa);
- "resistência inicial ao corte com colher" e "firmeza" (4ª etapa);
- "resistência ao corte com colher" e "firmeza" (4ª etapa);

Isso indica que a maioria dos parâmetros referem-se a distintas características de textura não oral dos géis, por isso, não se considerou conveniente eliminar nenhum deles a princípio.

Portanto, o estudo da MANOVA foi realizado considerando os dados de todos estes 20 parâmetros. Ao analisar os resultados obtidos com relação a amostras (Figura IV.20), provadores (Figura IV.21) e sessões (Figura IV.22), chegou-se às seguintes conclusões:

- a variação das duas primeiras variáveis canônicas permite explicar 95% da variabilidade das amostras (Figura IV.20), e pode-se estabelecer que, considerando os 20 atributos avaliados, existe diferença significativa ($p < 0,05$) entre a textura não oral das quatro amostras analisadas. Observa-se também que a amostra 1

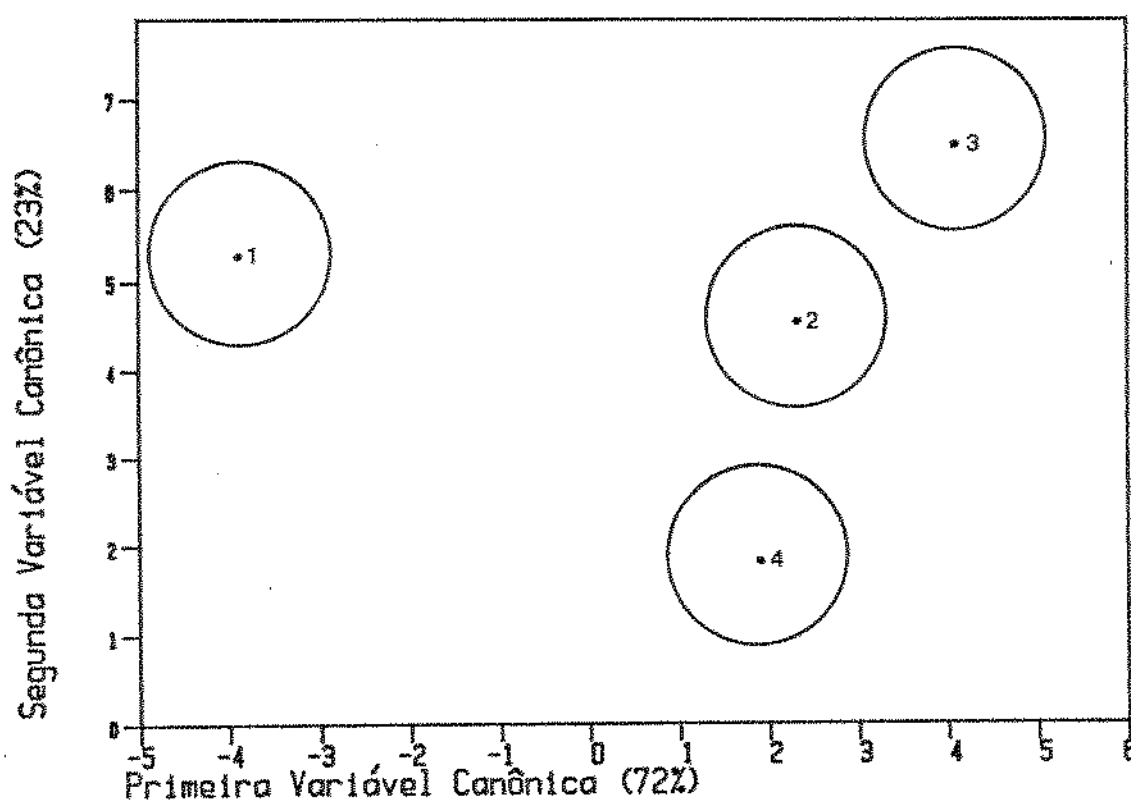


Figura IV.20 - Representação canônica considerando 20 parâmetros, com relação às duas primeiras variáveis das populações de amostras (1 = 0,5% k-carrage_nato; 2 = 0,5% concentração total (40% goma garrofim); 3 = 0,75% concentração total (50% goma garrofim); 4 = 0,75% concentração total (70% goma garrofim + guar)). (Raio de confiança_{5%} = 0,998).

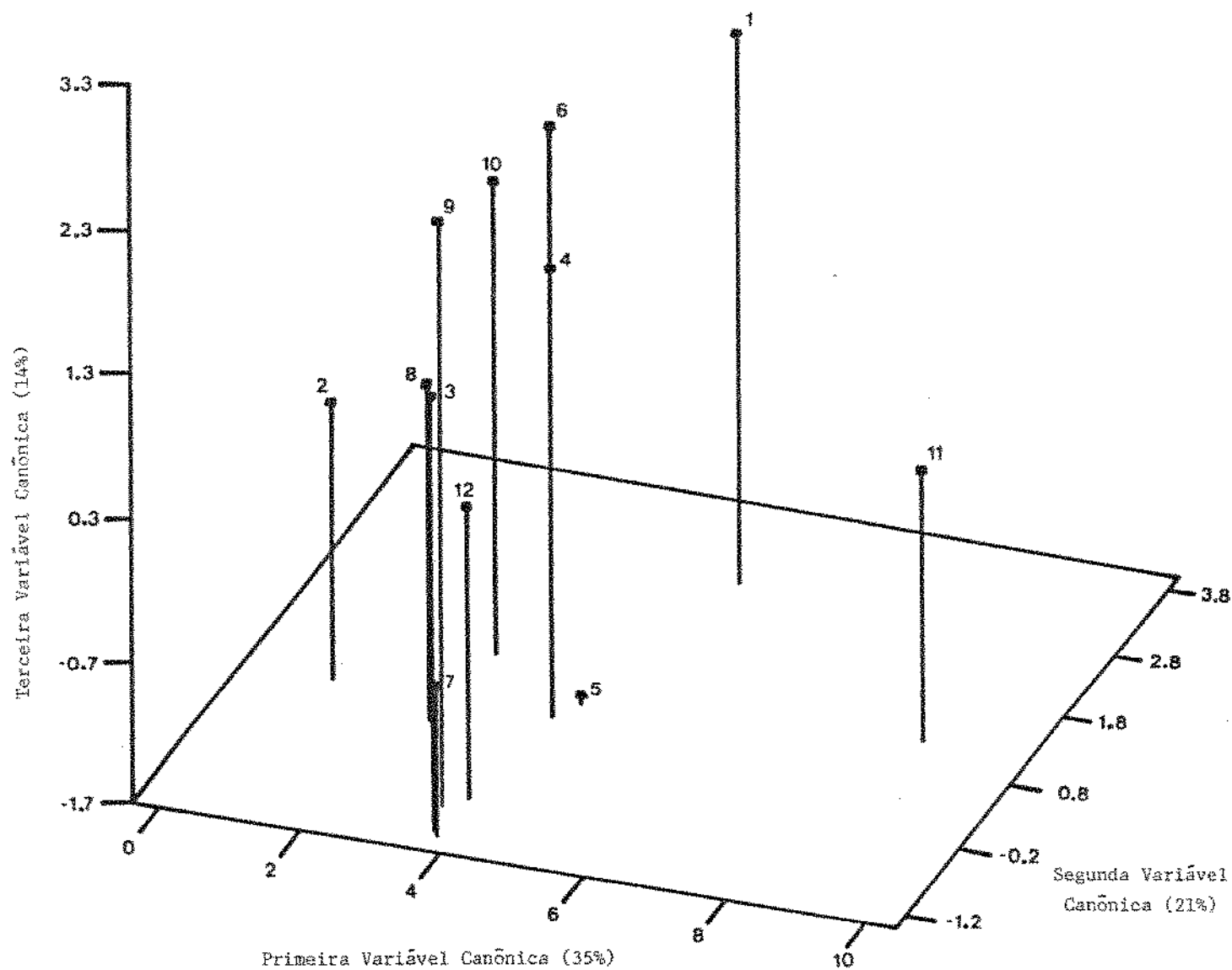


Figura IV.21 - Representação canônica considerando 20 parâmetros, com relação às três primeiras variáveis das populações de 12 provadores.
(Raio de confiança_{5%} = 1,656).

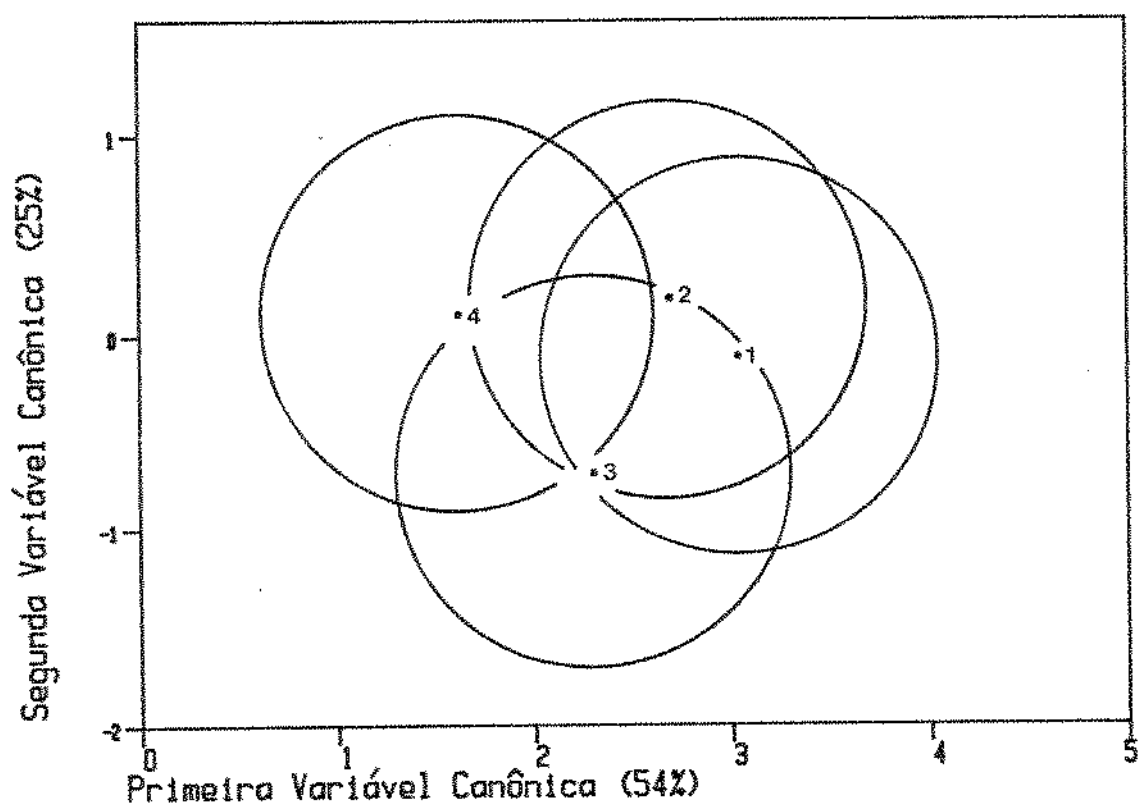


Figura IV.22 - Representação canônica considerando 20 parâmetros, com relação às duas primeiras variáveis das populações de quatro sessões. (Raio de confiança_{5%} = 0,998).

(0,5% k-carragenato) é a que mais se distancia das outras, como já se esperava, porque é a única que não leva substituição por goma;

- com relação aos provadores, as três primeiras variáveis canônicas explicam somente 70% da variabilidade entre eles. Não obstante, da Figura IV.21 pode-se já concluir que o provador nº 11 difere significativamente ($p < 0,05$) dos demais. Em princípio, pode-se considerar que os demais provadores são razoavelmente concordantes;

- quanto a reprodutibilidade da equipe entre as distintas sessões (Figura IV.22), as duas primeiras variáveis explicam 79% da sua variabilidade e se pode concluir que existem poucas diferenças entre as avaliações dadas pela equipe de um dia para outro.

Na continuação, foi realizada uma avaliação sobre o caráter discriminativo de cada um dos 20 parâmetros considerados em separado. Para isso, foi feita uma análise de variância (ANOVA) de três fatores (amostra, sessão e provador) com interação para cada parâmetro. Os resultados obtidos pela ANOVA (Tabela IV.11) indicam que os 20 atributos discriminam as amostras. Portanto, todos os 20 descritores são também discriminadores. Também se conclui que para quase todos eles (exceto quatro), a equipe apresentou alta reprodutibilidade, pois não existe diferença significativa ($p < 0,05$) entre as sessões. Por outro lado, foi encontrada diferença significativa ($p < 0,05$) entre os provadores para quase todos os parâmetros (exceto de formabilidade), o que já era de se esperar, tendo em vista os resultados obtidos na MANOVA (Figura IV.21).

Para estudar a possibilidade de reduzir o número de parâmetros a analisar em função do seu poder discriminativo, proce-

Tabela IV.11 - Valores de F da análise de variância de cada atributo sensorial em função de amostra, sessão e provador.

Parâmetros (1)				Parâmetros (1)			
Amostra	Sessão	Provador		Amostra	Sessão	Provador	
1	66,74*	0,23	9,20*	11	175,64*	5,14*	11,18*
2	37,76*	1,01	6,43*	12	98,54*	0,15	9,57*
3	24,99*	0,74	7,15*	13	91,94*	2,23	13,54*
4	59,26*	2,67	7,93*	14	88,54*	1,31	11,31*
5	34,95*	0,05	1,25	15	90,90*	2,04	17,02*
6	64,18*	1,24	14,29*	16	71,13*	4,88*	10,05*
7	70,31*	1,84	4,48*	17	66,95*	3,10*	13,95*
8	140,97*	1,03	11,95*	18	129,75*	4,32*	12,30*
9	176,64*	1,20	3,71*	19	26,86*	1,26	14,95*
10	30,06*	1,14	7,32*	20	80,12*	1,82	14,66*

(1) Identificação dos parâmetros na Tabela IV.9.

(*) Valor de F significativo ao nível de 5%, comparando com $F_{3,99}^{5\%} = 2,71$ para amostra e sessão e com $F_{11,99}^{5\%} = 1,91$ para provador.

deu-se a uma análise discriminante por passos (ADP). Esta análise estatística foi aplicada aos mesmos dados das quatro amostras utilizados anteriormente, porém excluindo os referentes ao provador nº 11, que discordava consideravelmente do resto do grupo.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela IV.12, a porcentagem de acertos na classificação chegou a 86,9%, que, tratando-se de dados sensoriais, pode ser considerada muito alta. Segundo Powers et alii (1984), com equipes experientes, a porcentagem de acertos costuma ser de 80%. As melhores discriminações foram obtidas com os atributos "tipo de ruptura" (2ª etapa), "resistência inicial ao corte" (4ª etapa), "firmeza" (4ª etapa) e "elasticidade" (1ª etapa), seguidos de outros. Observando-se os resultados, pode-se notar que o valor máximo de classificação correta refere-se ao 13º passo, ou seja, com a adição de mais parâmetros não se obtém melhorias e, sim, uma diminuição da porcentagem da classificação atingida. Portanto, estes resultados comprovam que é possível e que convém diminuir o número de atributos avaliados em favor de simplificar a metodologia sensorial.

Para que esta diminuição de parâmetros utilizados resultasse numa simplificação mais efetiva da técnica aplicada e levando em conta os resultados da Tabela IV.10, foi considerado mais coerente tentar eliminar toda uma etapa, das quatro da análise sensorial. Para apoiar a decisão de qual delas eliminar, foi realizado um estudo de correlações canônicas entre os grupos de parâmetros de cada etapa. Os resultados obtidos e apresentados na Tabela IV.13, indicam que os grupos de parâmetros que mais se correlacionam entre si são os das etapas 3 (corte com faca) e 4 (corte com colher), com alto valor de coeficiente

Tabela IV.12 - Resultados da análise discriminante por passos dos 20 parâmetros sensoriais.

Nº de Passos	Variável Incluída(1)	Valor F para Entrar	U-Estatístico	F-Estatístico Aproximado	Graus de Liberdade	Classificação Correta (%)
1	9	102,65	0,3584	102,62	3 e 172	54,0
2	11	77,29	0,1521	89,15	6 e 342	75,0
3	18	11,45	0,1265	61,54	9 e 414	77,3
4	3	7,43	0,1118	48,06	12 e 447	80,1
5	15	5,83	0,1013	39,99	15 e 454	80,7
6	6	5,85	0,0916	34,83	18 e 473	81,8
7	14	5,97	0,0827	31,41	21 e 477	83,0
8	16	3,79	0,0774	28,28	24 e 479	83,5
9	1	4,16	0,0719	25,99	27 e 480	83,5
10	12	3,13	0,0680	23,94	30 e 479	85,2
11	5	3,61	0,0637	22,39	33 e 478	84,7
12	7	2,68	0,0607	20,93	36 e 476	85,2
13	10	1,90	0,0586	19,55	39 e 474	86,9
14	20	1,25	0,0573	18,25	42 e 477	86,9
15	17	0,98	0,0562	17,08	45 e 470	85,8
16	2	0,74	0,0554	16,03	48 e 468	86,4
17	19	0,65	0,0548	18,08	51 e 465	85,8
18	4	0,62	0,0541	14,23	54 e 463	85,8
19	13	0,45	0,0536	13,46	57 e 460	85,2
20	8	0,36	0,0533	12,74	60 e 457	86,4

(1) Identificação das variáveis (parâmetros) na Tabela IV.9.

Tabela IV.13 - Matriz de coeficientes de correlação canônica entre os grupos de parâmetros de cada etapa.

Etapas (1)	1	2	3	4
1	1,00			
2	0,78	1,00		
3	0,76	0,87	1,00	
4	0,77	0,89	0,93	1,00

(1) Identificação das etapas na Figura III.14.

de correlação (0,93). Com isto, concluiu-se que deveria ser eliminada ou a etapa 3 ou a etapa 4. Para decidir, finalmente, qual destas duas etapas seria eliminada, procedeu-se à realização de mais duas ADP: uma excluindo-se os parâmetros da 3ª etapa e outra excluindo-se os da 4ª etapa. Comparando-se os resultados obtidos nestas duas análises (Tabelas IV.14 e IV.15), verifica-se que as mais altas porcentagens de classificação correta foram obtidas excluindo-se a 4ª etapa, com um máximo de 83,0% (Tabela IV.15), frente um máximo de 79,5%, excluindo-se a 3ª etapa. Para que isto pudesse ser observado mais claramente, com os resultados das Tabelas IV.12, IV.14 e IV.15, foram construídas as curvas de porcentagem de classificação correta por número de passos na análise discriminante, que estão apresentadas na Figura IV.23. Nesta figura, pode-se verificar que a curva, obtida ao excluir a 4ª etapa (curva 3) aproxima-se muito mais da curva obtida com todos os parâmetros (curva 1), que a curva excluindo a 3ª etapa (curva 2). Portanto, para selecionar os atributos mais discriminantes, considerou-se a curva 3 até o 10º passo, que é onde ocorre seu ponto máximo. Os dez atributos referentes a estes passos, conforme pode ser observado na Tabela IV.15 foram: "elasticidade" e "deformabilidade" da 1ª etapa; "deformação antes de romper", "firmeza", "resistência à ruptura" e "tipo de ruptura" da 2ª etapa; e "resistência inicial ao corte", "deformação antes de cortar", "tipo de corte" e "superfície da zona cortada" da 3ª etapa.

Conclui-se, então, que são suficientes três etapas e dez parâmetros para avaliar as diferenças de textura entre as amostras analisadas. Com estes dados, foi elaborada a ficha de análise sensorial a ser utilizada nos ensaios posteriores, que está apresentada na Figura IV.24.

Tabela IV.14 - Resultados da análise discriminante por passos de 15 parâmetros sensoriais
(excluindo a etapa de corte com faca).

Nº de Passos	Variável Incluída(1)	Valor F para Entrar	U-Estatístico	F-Estatístico Aproximado	Graus de Liberdade	Classificação Correta (%)
1	9	102,64	0,3584	102,64	3 e 172	54,0
2	8	61,46	0,1724	80,26	6 e 342	71,0
3	3	7,49	0,1523	53,66	9 e 413	71,6
4	18	6,46	0,1366	41,83	12 e 447	73,9
5	6	4,96	0,1255	34,69	15 e 464	78,4
6	2	3,81	0,1174	29,75	18 e 472	79,0
7	5	3,70	0,1100	26,28	21 e 477	79,5
8	20	2,21	0,1058	23,34	24 e 479	77,3
9	7	2,18	0,1017	21,08	27 e 479	78,4
10	4	1,49	0,0990	19,14	30 e 479	79,0
11	19	1,16	0,0969	17,49	33 e 478	79,0
12	16	1,00	0,0952	16,10	36 e 476	79,0
13	1	0,95	0,0935	14,92	39 e 474	78,4
14	17	0,75	0,0922	13,87	42 e 472	79,5
15	10	0,52	0,0913	12,93	45 e 470	79,0

(1) Identificação das variáveis (parâmetros) na Tabela IV.9.

Tabela IV.15 - Resultados da análise discriminante por passos de 15 parâmetros sensoriais
(excluindo a etapa de corte com colher).

Nº de Passos	Variável Incluída(1)	Valor F para Entrar	U-Estatístico	F-Estatístico Aproximado	Graus de Liberdade	Classificação Correta (%)
1	9	102,64	0,3584	102,64	3 e 172	54,0
2	11	77,28	0,1521	89,14	6 e 342	75,0
3	8	9,35	0,1306	60,17	9 e 413	78,4
4	3	7,42	0,1153	47,06	12 e 447	77,3
5	5	4,96	0,1059	38,83	15 e 464	77,8
6	15	5,07	0,0971	33,64	18 e 472	77,8
7	12	4,71	0,0895	29,94	21 e 477	79,0
8	14	4,45	0,0828	27,17	24 e 479	80,7
9	6	3,53	0,0777	24,83	27 e 479	82,4
10	7	3,64	0,0728	23,01	30 e 479	83,0
11	1	1,48	0,0709	21,08	33 e 478	82,4
12	10	1,25	0,0693	19,43	36 e 476	82,4
13	2	0,88	0,0682	17,97	39 e 474	81,8
14	13	0,59	0,0674	16,67	42 e 472	81,8
15	4	0,32	0,0670	15,50	45 e 470	82,4

(1) Identificação das variáveis (parâmetros) na Tabela IV.9.

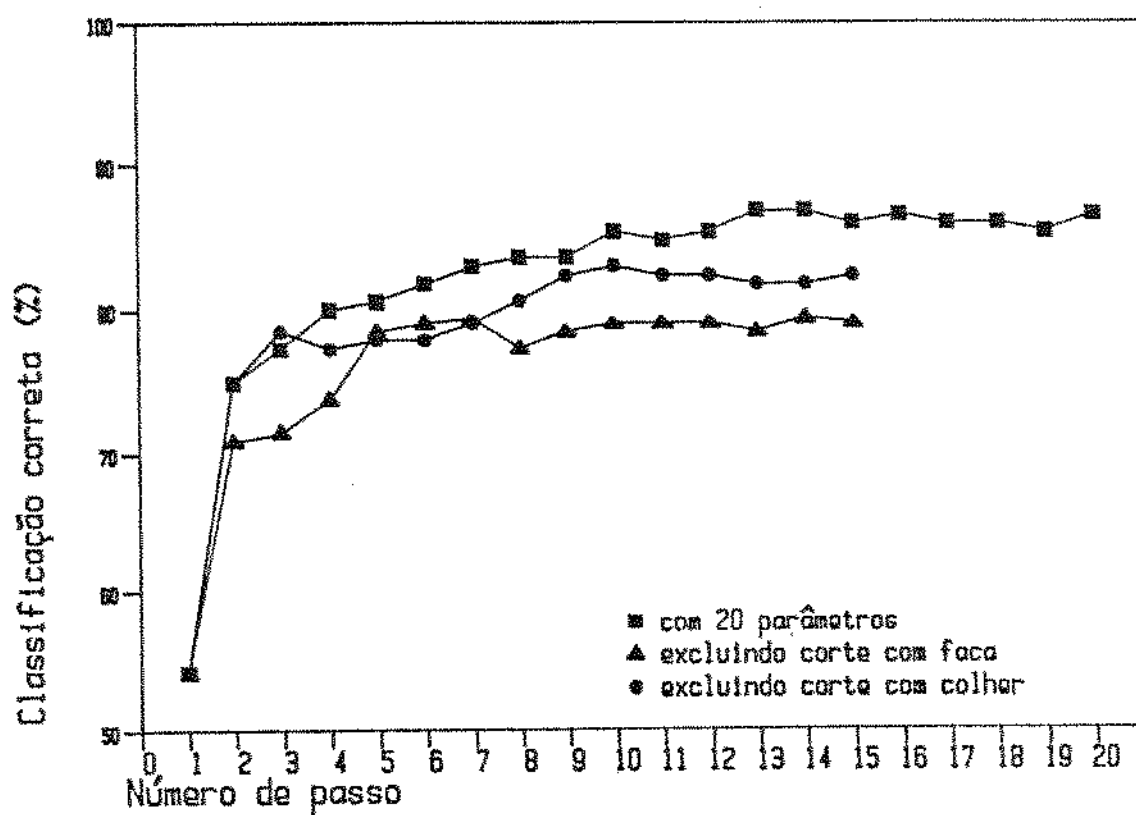


Figura IV.23 - Curvas de porcentagem de classificação correta por passos da análise discriminante para:

- 20 parâmetros (Tabela IV.12);
- 15 parâmetros, excluindo a 3ª etapa (corte com faca) (Tabela IV.14);
- 15 parâmetros, excluindo a 4ª etapa (corte com colher) (Tabela IV.15).

TEXTURA NÃO ORAL DE GÊIS

1ª ETAPA

ELASTICIDADE	baixa	alta
DEFORMABILIDADE	indeforável	muito deformável

2ª ETAPA

DEFORMAÇÃO ANTES DE ROMPER	baixa	alta
FIRMEZA	baixa	alta
RESISTÊNCIA À RUPTURA	baixa	alta
TIPO DE RUPTURA	amorfa (pastosa)	cristalina (limpa)

3ª ETAPA

RESISTÊNCIA INICIAL AO CORTE	baixa	alta
DEFORMAÇÃO ANTES DE CORTAR	baixa	alta
TIPO DE CORTE	suave (contínuo)	rugoso (em etapas)
SUPERFÍCIE ZONA CORTADA	amorfa	cristalina

Figura IV.24 - Ficha definitiva para análise da textura não oral de géis.
(Identificação das etapas na Figura III.14).

IV.2.1.3. Seleção de Provadores

Existem muitos caminhos que se pode seguir para a seleção de uma equipe de provadores, mas a maioria deles recai numa seleção em que se avalia o provador com relação ao seu poder de discriminação, repetibilidade e concordância com o resto da equipe.

A seleção de provadores a que se propõe neste item, foi realizada considerando somente os dez parâmetros selecionados, empregando os mesmos dados experimentais já utilizados para a seleção destes parâmetros. Considerando os resultados obtidos no estudo preliminar da MANOVA (Figura IV.21), aqui, os valores do provador nº 11 já foram eliminados e a seleção da equipe foi realizada somente com os valores dos provadores restantes.

Para obter informação sobre a repetibilidade e o poder de discriminação destes provadores, foram realizadas análises de variância (ANOVA) de dois fatores (sessões e amostras) para cada um deles, com os resultados de cada um dos atributos em separado, como recomendam Powers et alii (1984). Os resultados extraídos destas análises, ou seja, os valores de F obtidos para cada um dos fatores estudados, podem ser observados nas Tabelas IV.16 e IV.17.

Estes resultados revelam uma alta reprodutibilidade dos provadores, pois apenas quatro deles apresentaram valor de $F_{\text{sessões}}$ significativo ($p < 0,05$) em apenas um dos atributos (Tabela IV.16). Isto confirma o que já havia sido observado no estudo de eficácia da equipe como um todo, através da análise MANOVA, em que ocorreu uma alta sobreposição das populações dos resultados de cada sessão (Figura IV.22).

Tabela IV.16 - Valores de F_{sessões} da análise de variância de dois fatores para cada provador, por parâmetro

	PARÂMETROS	PROVADORES											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	
1ª ETAPA	ELASTICIDADE	2,51	1,06	5,23*	2,42	2,57	2,57	1,69	3,52	1,81	1,66	0,46	
	DEFORMABILIDADE	1,38	0,32	1,32	0,76	0,09	0,38	1,13	1,42	2,63	0,16	1,98	
2ª ETAPA	DEFORMAÇÃO	1,12	0,80	0,36	3,85	2,04	0,66	1,01	0,25	1,14	1,99	0,38	
	FIRMEZA	0,59	0,33	1,05	1,34	1,18	3,00	1,08	0,95	0,47	0,36	0,60	
	RESISTÊNCIA À RUPTURA	1,94	1,13	0,06	1,24	0,35	1,84	1,61	0,61	0,18	1,10	0,74	
	TIPO DE RUPTURA	0,31	1,56	0,73	0,30	1,51	0,57	1,06	0,93	0,27	0,56	0,61	
3ª ETAPA	RESISTÊNCIA INICIAL AO CORTE	1,92	1,18	1,89	0,95	0,89	1,75	4,85*	1,57	0,32	0,40	0,49	
	DEFORMAÇÃO ANTES DE CORTAR	2,21	0,16	0,44	0,51	1,55	1,96	0,90	0,32	0,83	1,14	2,21	
	TIPO DE CORTE	0,30	0,46	1,02	4,43*	2,30	0,13	2,88	5,65*	0,02	2,92	1,26	
	SUPERFÍCIE DA ZONA CORTADA	0,72	1,61	0,57	3,09	2,73	0,64	1,62	0,70	0,10	1,32	0,03	

(*) Valor de F significativo ao nível de 5% (F_{3,9}^{5%} = 3,86)

Tabela IV.17 - Valores de F amostras da análise de variância de dois fatores para cada provador, por parâmetro

	PARÂMETROS	PROVADORES											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	
1ª ETAPA	ELASTICIDADE	2,97*	3,19*	2,20*	42,08**	5,80**	0,44	11,16**	19,37**	3,86**	1,69*	2,02*	
	DEFORMABILIDADE	1,67*	6,02**	3,65*	34,12**	5,78**	2,40*	6,39**	4,10**	2,85*	2,57*	2,61*	
2ª ETAPA	DEFORMAÇÃO	5,72**	0,87*	16,52**	30,66**	16,67**	0,47	32,41**	6,18**	9,04**	14,91**	9,11**	
	FIRMEZA	6,53**	2,13*	3,96**	4,97**	3,37*	10,26**	14,40**	2,98*	17,34**	10,64**	8,94**	
	RESISTÊNCIA À RUPTURA	12,61**	7,87**	3,43*	8,42**	4,68**	15,79**	24,86**	17,68**	7,21**	49,97**	18,28**	
	TIPO DE RUPTURA	4,29**	16,34**	76,13**	40,97**	204,65**	8,09**	1,61*	28,27**	24,57**	36,55**	9,96**	
3ª ETAPA	RESISTÊNCIA INICIAL AO CORTE	22,55**	34,77**	6,88**	12,32**	8,74**	8,76**	62,95**	32,41**	7,80**	13,82**	22,59**	
	DEFORMAÇÃO ANTES DE CORTAR	4,07**	5,24**	2,11*	5,32**	7,54**	30,78**	45,23**	11,11**	0,68	15,07**	18,17**	
	TIPO DE CORTE	7,31**	9,47**	15,92**	1,81*	7,74**	4,64**	12,89**	6,33**	2,46*	3,18*	21,50**	
	SUPERFÍCIE DA ZONA CORTADA	10,69**	35,43**	5,22**	11,27**	2,59*	5,32**	5,18**	21,91**	69,60**	81,17**	8,02**	

(*) Valor de F significativo ao nível de 50% (F_{3,9}^{50%} = 0,85)

(**) Valor de F significativo ao nível de 5% (F_{3,9}^{5%} = 3,86)

Com relação ao poder de discriminação já foi observada uma maior variação de eficiência entre os provadores, embora o menos eficiente apresentasse seis valores de F significativos ao nível de 5%, ou seja, capacidade para discriminar as amostras a esse nível de significância em 60% dos parâmetros, o que representa um nível de discriminação aceitável (Tabelas IV.17 e IV.18). Novamente, os resultados encontrados aqui são coerentes com os da MANOVA, onde se observou uma total discriminação entre as quatro amostras avaliadas (Figura IV.20).

Como já havia sido observado por Powers et alii (1984), é difícil concluir alguma coisa dos resultados da ANOVA, ao selecionar provadores com relação ao seu poder de discriminação considerando-se vários parâmetros, pois faltam referências para estabelecer sua eficácia real. Estes mesmos autores citam exemplos de ensaios em que a seleção foi baseada no método binomial, pelo qual se analisa a probabilidade de que um provador seja "significativo" para um certo número de testes só por acaso. Entre os exemplos encontra-se um ensaio em que foram selecionados os provadores que apresentaram $F_{amostras}$ significativo ao nível de 50% em oito dos nove atributos avaliados, e outro em que eram avaliadas 12 características e foi exigido que o provador apresentasse F significativo ao nível de 50% em dez delas. Outro exemplo é o de Fischman et alii (1987) que aceitaram provadores com F significativo a nível de 50% para oito dos 11 atributos avaliados. Seguindo este critério, neste trabalho todos os provadores podem ser selecionados porque apresentaram, como mínimo, oito valores de F significativos para amostras a nível de 50% (Tabela IV.18).

Por outro lado, também é interessante diferenciar um provador razoavelmente eficaz em todos os atributos, de outro,

Tabela IV.18 - Número de parâmetros em que $F_{amostras}$ foi significativo⁽¹⁾

PROVADORES	Nº de Famostras significativos	
	Nível de Significância 5%	Nível de Significância 50%
1	8	10
2	7	10
3	6	10
4	9	10
5	8	10
6	7	8
7	9	10
8	9	10
9	7	9
10	7	10
12	8	10

(1) Contagem baseada nos valores da Tabela IV.17, sobre um total de dez valores de $F_{amostras}$ por provador

muito eficaz em alguns atributos, mas pouco em outros (Powers et alii, 1984). Para que isso seja melhor visualizado, os valores de F para amostras obtidos por três provadores de distinta eficiência foram representados em forma de histograma na Figura IV.25. Assim, pode-se observar que embora o provador nº 3 não apresentasse tantos valores de F significativos, nenhum deles foi tão baixo quanto os que se observam para o provador nº 6, ou seja, embora o provador nº 3 esteja um pouco abaixo da significância para maior número de parâmetros, em nenhum deles apresentou-se como mau discriminador. Portanto, pode-se dizer que, embora nem todos os provadores tenham apresentado um desempenho tão bom quanto o provador nº 7, que discriminou as amostras em 90% dos parâmetros, todos eles podem ser considerados aceitáveis quanto ao seu poder de discriminação (Tabela IV.18).

Desta forma, tendo já comprovado que todos estes 11 provadores podem ser aceitos com respeito a sua reprodutibilidade e ao seu poder de discriminação, procedeu-se, então, à seleção seguindo o critério de concordância que cada indivíduo apresentava com o grupo. Para isso, foi realizado um outro estudo de MANOVA de três fatores (provadores, amostras e sessões), mas desta vez incluindo somente os valores obtidos para os dez parâmetros selecionados, por estes 11 provadores. Os resultados encontrados estão representados nas Figuras IV.26, IV.27 e IV.28.

Com relação às amostras (Figura IV.26), verifica-se que com as duas primeiras variáveis canônicas foi conseguido 97% de explicação da variabilidade destas amostras e que existe diferença significativa ($p < 0,05$) entre elas. Estes resultados ilustram a efetividade da seleção de parâmetros realizados em princípio, pois comparando-os com os resultados obtidos considerando 20

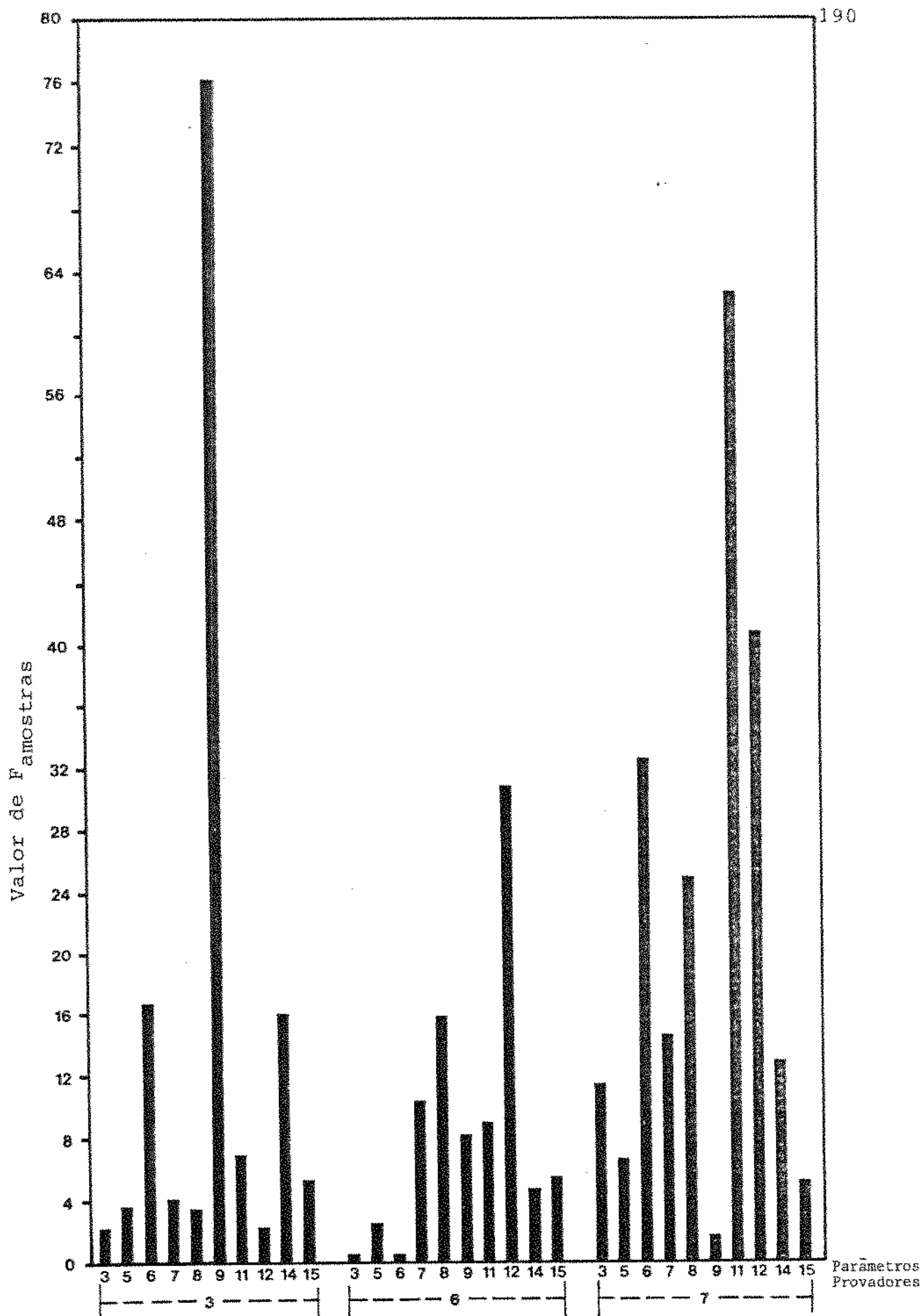


Figura IV.25 - Histograma de valores de $F_{amostras}$ das análises de variância para cada parâmetro, para 3 provedores. Valor de $F \geq 3,86$ indica habilidade para discriminar entre as 4 amostras naquele parâmetro a um nível de significância de 5%. (Identificação dos parâmetros na Tabela IV.9).

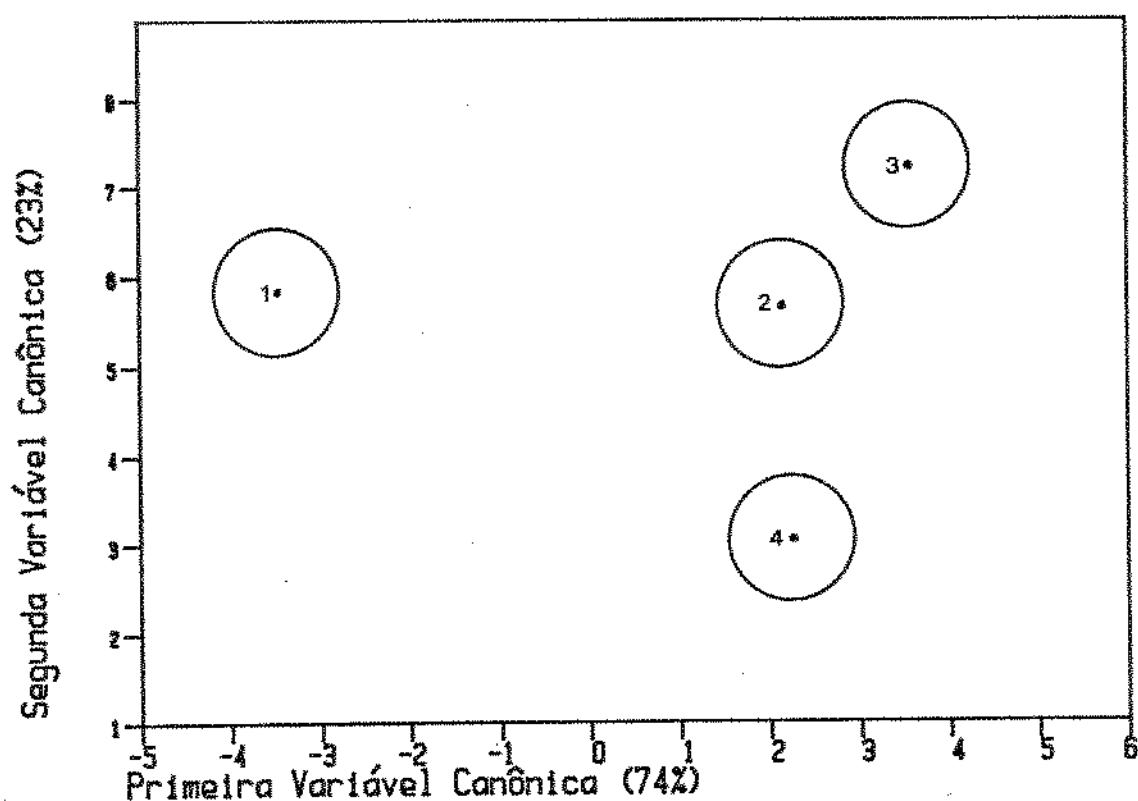


Figura IV.26 - Representação canônica considerando dez parâmetros, com relação às duas primeiras variáveis das populações de amostras (1 = 0,5% k-carragena to; 2 = 0,5% concentração total (40% goma garrofim); 3 = 0,75% concentração total (50% goma garrofim); 4 = 0,75% concentração total (70% goma garrofim + guar)). (Raio de confiança_{5%} = 0,702).

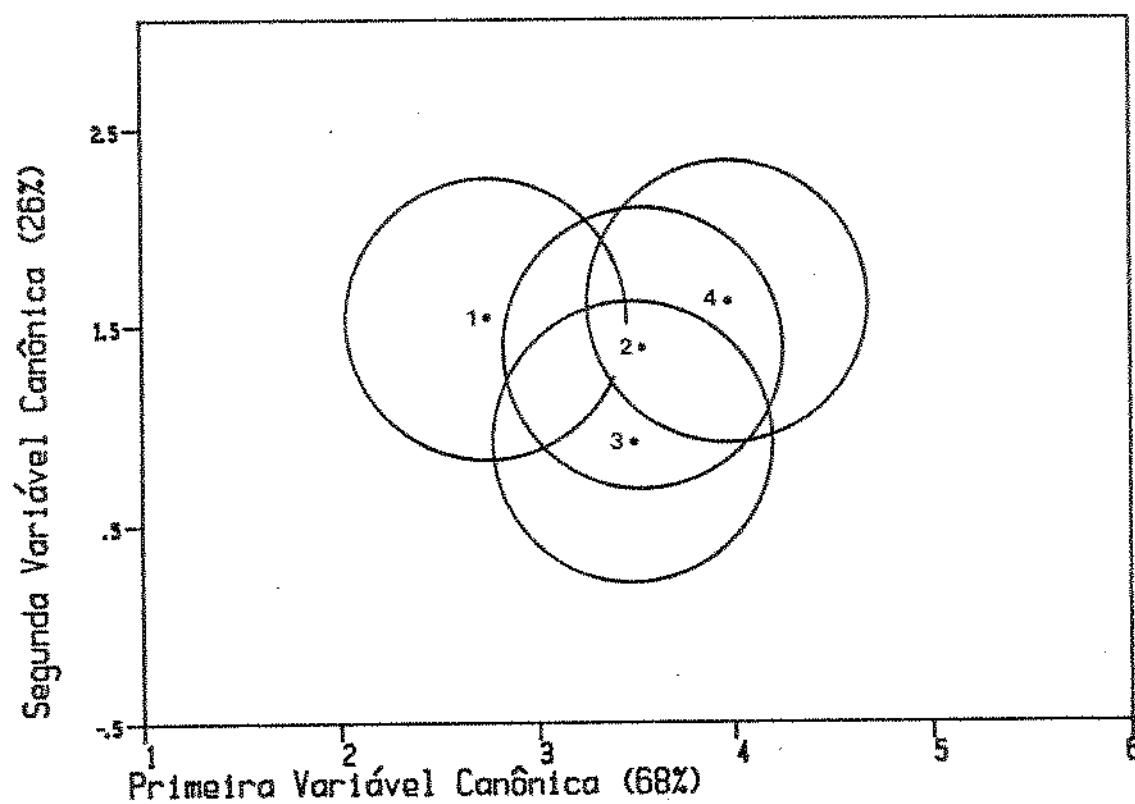


Figura IV.27 - Representação canônica considerando dez parâmetros, com relação às duas primeiras variáveis das populações de 4 sessões. (Raio de confiança_{5%} = 0,702).

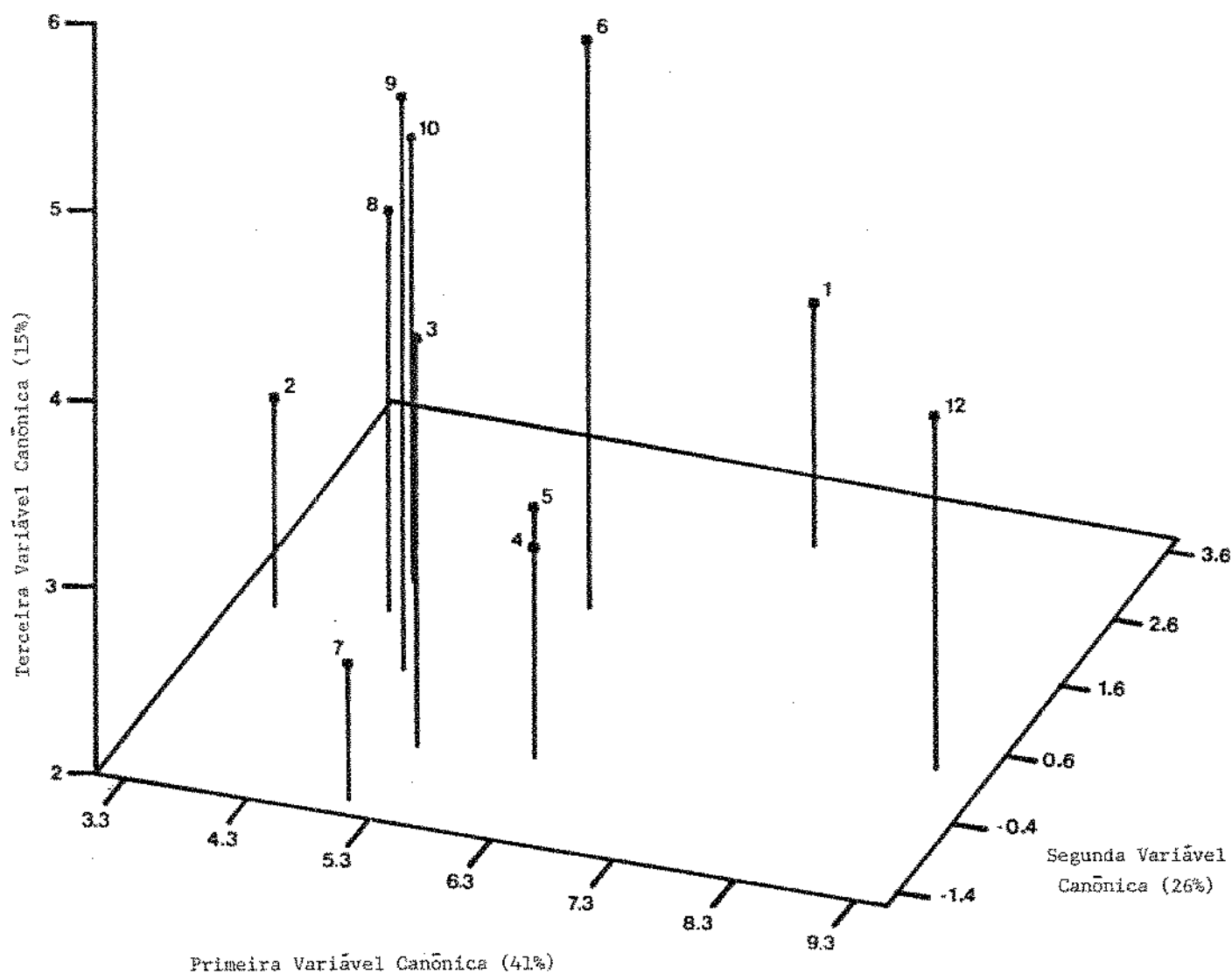


Figura IV.28 - Representação canônica considerando dez parâmetros, com relação às três primeiras variáveis das populações de 11 provedores. (Raio de confiança_{5%} = 1,164).

parâmetros (Figura IV.20), observa-se que o grau de discriminação das amostras manteve-se a um nível muito similar, com praticamente a mesma distribuição. E, inclusive, as variáveis canônicas apresentaram uma porcentagem de explicação um pouco mais alta, frente a de 95% obtida no estudo anterior.

Quanto ao fator sessões (Figura IV.27), as duas variáveis canônicas explicam 94% da variabilidade e as populações apresentam-se altamente sobrepostas, indicando uma alta reprodutibilidade da equipe entre as quatro sessões. Também neste caso, os resultados concordam com os obtidos para os 20 parâmetros (Figura IV.22), mantendo-se o grau de discriminação e a distribuição das populações. Porém aqui, embora tenha sido considerado somente a metade dos parâmetros, foi observada uma porcentagem de explicação das duas primeiras variáveis muito mais alta (94%), comparada com a de 79% obtida anteriormente. Isto talvez seja o indicativo de que os parâmetros eliminados eram os que apresentavam maiores problemas de repetibilidade da equipe.

No estudo para o fator provadores, verifica-se que foi atingida uma porcentagem de explicação de 82% da variabilidade com as três primeiras variáveis canônicas (Figura IV.28). Em função destas variáveis, as populações de provadores encontram-se bastante próximas, podendo ser observado que apenas dois dos provadores (1 e 12) distanciam-se mais claramente do resto da equipe. Comparando-se com os resultados obtidos para os 20 parâmetros (Figura IV.21), a porcentagem de explicação da variabilidade obtida com as três primeiras variáveis canônicas, embora neste caso ainda tenha sido consideravelmente baixa (82%), foi muito maior que a obtida anteriormente (70%).

Para a avaliação da concordância de cada provador com a equipe utilizando o estudo de MANOVA, procedeu-se ao cálculo das distâncias das várias populações com relação ao ponto central de todas elas, considerando-se todas as quatro variáveis canônicas que contribuem para atingir 91% de explicação. De acordo com as distâncias encontradas, que aparecem na Tabela IV.19, os provadores foram classificados em ordem decrescente com relação à concordância com o grupo, da seguinte forma: 8, 9, 10, 5, 6, 2, 3, 4, 7, 1 e 12. Como pode ser observado, foi confirmado o que já podia ser visualizado na Figura IV.28. Os valores mais altos de distância correspondem aos provadores nº 12 (8,00), 1 (4,56) e 7 (3,62), sendo que para os restantes, a distância é menor que 2,84.

Em vista destes resultados, foram selecionados os oito provadores que mais concordavam com o grupo e a equipe sensorial ficou assim constituída: provadores nº 8, 9, 10, 5, 6, 2, 3 e 4.

Tabela IV.19 - Valores de distância entre cada provador e o centro da equipe

Provadores	Distância do Centro	Ordem ⁽¹⁾
1	4,56	10
2	2,23	6
3	2,82	7
4	2,84	8
5	2,14	4
6	2,14	5
7	3,62	9
8	1,16	1
9	2,00	2
10	2,11	3
12	8,00	11

(1) Ordem decrescente de classificação dos provadores com relação à concordância com o grupo.

IV.2.2. Variação da Textura Não Oral dos Géis com a Composição

O estudo da variação da textura não oral dos géis de acordo com a sua composição foi realizado com 14 amostras, sendo sete com uma concentração total de hidrocolóides de 0,5% e sete com uma de 0,75%, com distintas substituições (0, 20, 40 e 60%) de dois tipos de goma (garrofin e a mistura de gomas garrofin + guar) (Tabela III.1). Estas amostras foram avaliadas por sete provadores dos oito que haviam sido selecionados na etapa anterior deste trabalho (item IV.2.1.3), já que um dos provadores (nº 5) não pôde participar destas análises.

A parte inicial deste item foi dedicada a comentar os resultados obtidos para os vários atributos. A seguir, foi enfocada mais diretamente a influência da composição dos géis na textura não oral, primeiramente de uma forma global e, depois, com respeito a cada um dos atributos separadamente.

IV.2.2.1. Avaliação sensorial da textura não oral

Um dos caminhos para se obter informação a respeito da validade dos dados sensoriais obtidos pode ser a observação dos valores de desvio padrão das médias para cada atributo.

Os valores obtidos neste trabalho estão apresentados nas Tabelas IV.20 e IV.21, para cada uma das concentrações totais (0,5 e 0,75%). Como pode ser observado, alguns dos valores de desvio padrão são altos, porém, também são encontrados outros bastante baixos, sendo que a média geral entre os valores para todos os atributos em todas as amostras avaliadas foi de 1,91. Embora estes valores de desvio padrão pareçam altos para a es-

Tabela IV.20 - Valores de parâmetros de textura não oral para géis de concentração total de hidrocolóides de 0,5%.

AMOSTRAS		VARIÁVEIS																			
% COMA		ELASTICIDADE		DEFORMABILIDADE		DEFORMAÇÃO ANTES ROMPER		FIRMEZA		RESISTÊNCIA A RUPTURA		TIPO DE RUPTURA		RESIST. INICIAL AO CORTE		DEFORMAÇÃO AO CORTAR		TIPO DE CORTE		SUPERFÍCIE ZONA CORTADA	
		$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S
0		6,11 (2,96)		4,73 (2,31)		3,67 (3,21)		2,23 (2,08)		1,51 (1,33)		9,14 (0,63)		1,49 (1,48)		1,73 (1,63)		1,06 (1,08)		9,06 (0,73)	
20% GF		3,46 (2,21)		5,77 (1,41)		3,93 (2,91)		4,11 (2,28)		3,16 (2,50)		6,14 (3,23)		3,04 (2,20)		2,93 (2,29)		2,43 (1,33)		6,03 (2,81)	
40% GF		3,73 (2,62)		7,39 (1,67)		7,34 (1,31)		5,81 (1,99)		6,23 (2,28)		3,69 (1,94)		5,49 (2,29)		4,50 (2,03)		5,04 (2,22)		3,69 (2,10)	
60% GF		4,11 (3,15)		7,93 (1,95)		8,14 (1,29)		2,97 (1,49)		4,86 (2,04)		1,99 (1,89)		5,94 (1,39)		5,26 (2,28)		5,61 (2,05)		2,96 (1,91)	
20% GF + GR		5,20 (2,94)		5,56 (3,11)		2,51 (2,20)		1,79 (2,07)		1,34 (1,41)		7,80 (1,68)		0,81 (0,82)		1,01 (0,87)		0,94 (0,90)		7,53 (2,32)	
40% GF + GR		3,29 (2,39)		6,61 (1,68)		2,54 (2,33)		2,23 (1,54)		1,39 (0,68)		6,27 (2,83)		2,51 (2,43)		1,89 (1,62)		2,59 (2,41)		6,23 (2,85)	
60% GF + GR		3,90 (3,23)		7,63 (0,55)		6,44 (2,33)		3,36 (2,87)		2,66 (2,10)		3,23 (2,73)		2,03 (1,36)		2,06 (1,41)		3,63 (1,15)		4,06 (1,77)	

$\bar{X}$ = médias obtidas de sete provadores

S = desvio padrão entre parêntesis

GF = goma garrofim

GR = goma guar

Tabela IV.21 - Valores de parâmetros de textura não oral para géis de concentração total de hidrocolóides de 0,75%.

AMOSTRAS		VARIÁVEIS																				
		ELASTICIDADE		DEFORMABILIDADE		DEFORMAÇÃO ANTES ROMPER		FIRMEZA		RESISTÊNCIA À RUPTURA		TIPO DE RUPTURA		RESISTÊNCIA INICIAL AO CORTE		DEFORMAÇÃO AO CORTAR		TIPO DE CORTE		SUPERFÍCIE ZONA CORTADA		
		$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	
% GOMA																						
0		7,03	(2,48)	4,94	(2,64)	5,34	(3,22)	6,17	(1,67)	5,44	(2,34)	8,29	(1,42)	4,53	(3,02)	2,99	(2,31)	1,79	(1,27)	8,41	(1,50)	
20% GF		4,29	(3,08)	6,00	(1,69)	6,26	(2,11)	7,69	(0,59)	6,49	(1,96)	4,34	(2,61)	5,07	(2,99)	4,56	(2,95)	5,00	(2,51)	3,99	(2,72)	
40% GF		4,01	(1,90)	6,67	(1,31)	7,80	(1,63)	8,24	(0,51)	8,40	(0,73)	1,89	(1,56)	8,71	(0,63)	8,10	(1,50)	6,53	(1,79)	2,06	(1,57)	
60% GF		3,20	(2,79)	6,04	(2,53)	8,34	(0,88)	7,36	(1,32)	8,63	(0,49)	1,40	(0,84)	8,84	(0,58)	7,66	(2,01)	8,00	(1,37)	1,57	(1,15)	
20% GF + GR		6,13	(2,44)	4,16	(2,47)	4,64	(2,59)	4,70	(1,24)	3,33	(1,31)	5,47	(2,34)	1,70	(1,00)	1,50	(0,93)	2,89	(2,13)	5,39	(2,80)	
40% GF + GR		4,10	(1,79)	6,10	(2,24)	3,99	(1,89)	3,61	(2,14)	2,83	(1,85)	3,39	(2,13)	2,49	(1,40)	1,57	(1,25)	3,46	(1,80)	4,04	(1,94)	
60% GF + GR		3,41	(2,43)	7,01	(1,58)	6,56	(0,77)	4,06	(2,37)	3,44	(1,81)	1,97	(1,94)	4,09	(2,00)	3,09	(1,67)	4,86	(1,84)	1,91	(1,65)	

$\bar{x}$ = médias obtidas de sete provadores

s = desvio padrão entre parêntesis

GF = goma garrofim

GR = goma guar

cala de 10 cm, tratando-se de dados de análise sensorial, podem ser considerados aceitáveis. Henry et alii (1971), por exemplo, utilizando 26 provadores em análise de textura de 18 produtos semi-sólidos, obtiveram valores de desvio padrão entre 0,67 e 1,33, sendo que a escala empregada foi bem menor (de 7 pontos).

Com os valores de desvio padrão das Tabelas IV.20 e IV.21 foi elaborado um histograma com relação aos parâmetros (Figura IV.29), onde se verifica que não existem grandes diferenças entre as médias desses valores para cada um deles e que, de um modo geral, o atributo que apresenta valores mais altos é "elasticidade" (de 1,79 a 3,23; $\bar{s} = 2,60$).

Da mesma forma, foram elaborados histogramas com relação às amostras (Figura IV.30). A variação dos valores de desvio padrão neste caso também foi pequena, embora se observe uma tendência a encontrar valores mais baixos para as amostras a 0,75% de concentração total, destacando-se a amostra com 40% goma garrofin (de 0,51 a 1,90; $\bar{s} = 1,31$). As amostras que apresentaram maiores dispersões das médias foram: 20% goma garrofin a 0,5% de concentração total (de 1,33 a 3,23) e 20% goma garrofin a 0,75% (de 0,59 a 3,08), ambas com médias de 2,32.

Entre as análises preliminares dos dados de textura não oral, também foi incluído o estudo de correlações entre os dez parâmetros. Observando-se os valores de coeficiente de correlação apresentados nas Tabelas IV.22 e IV.23, observa-se que somente dois deles foram maiores que 0,80: entre "tipo de ruptura" e "superfície da zona cortada", e entre "resistência inicial ao corte" e "deformação antes de cortar". O fato de obter baixos coeficientes de correlação, de uma maneira geral, con-

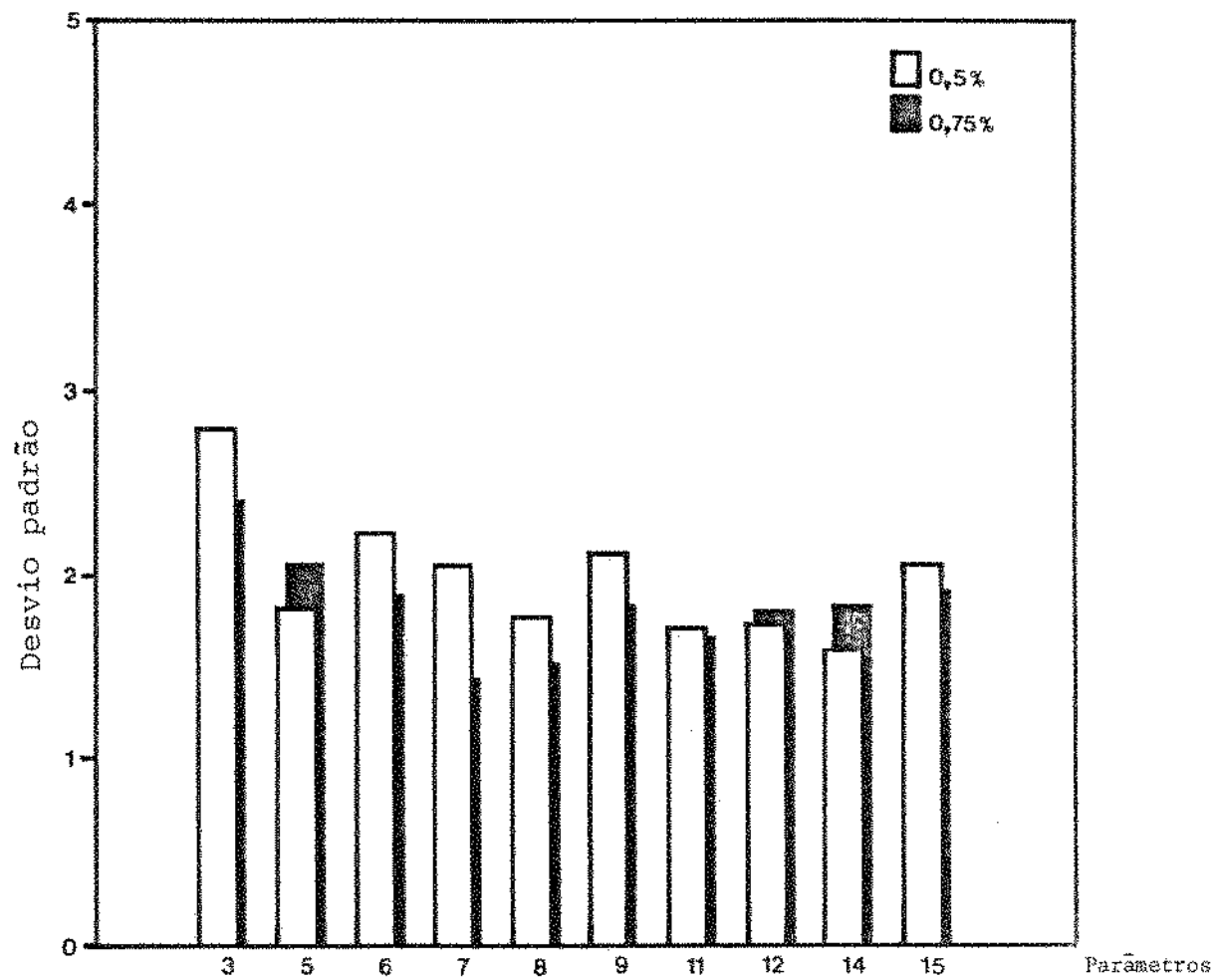


Figura IV.29 - Histograma de valores médios de desvio padrão obtidos para as amostras a distintas concentrações totais de hidrocolóides: 0,5% e 0,75%, com relação a cada parâmetro de textura não oral. Identificação dos parâmetros na Tabela IV.9.

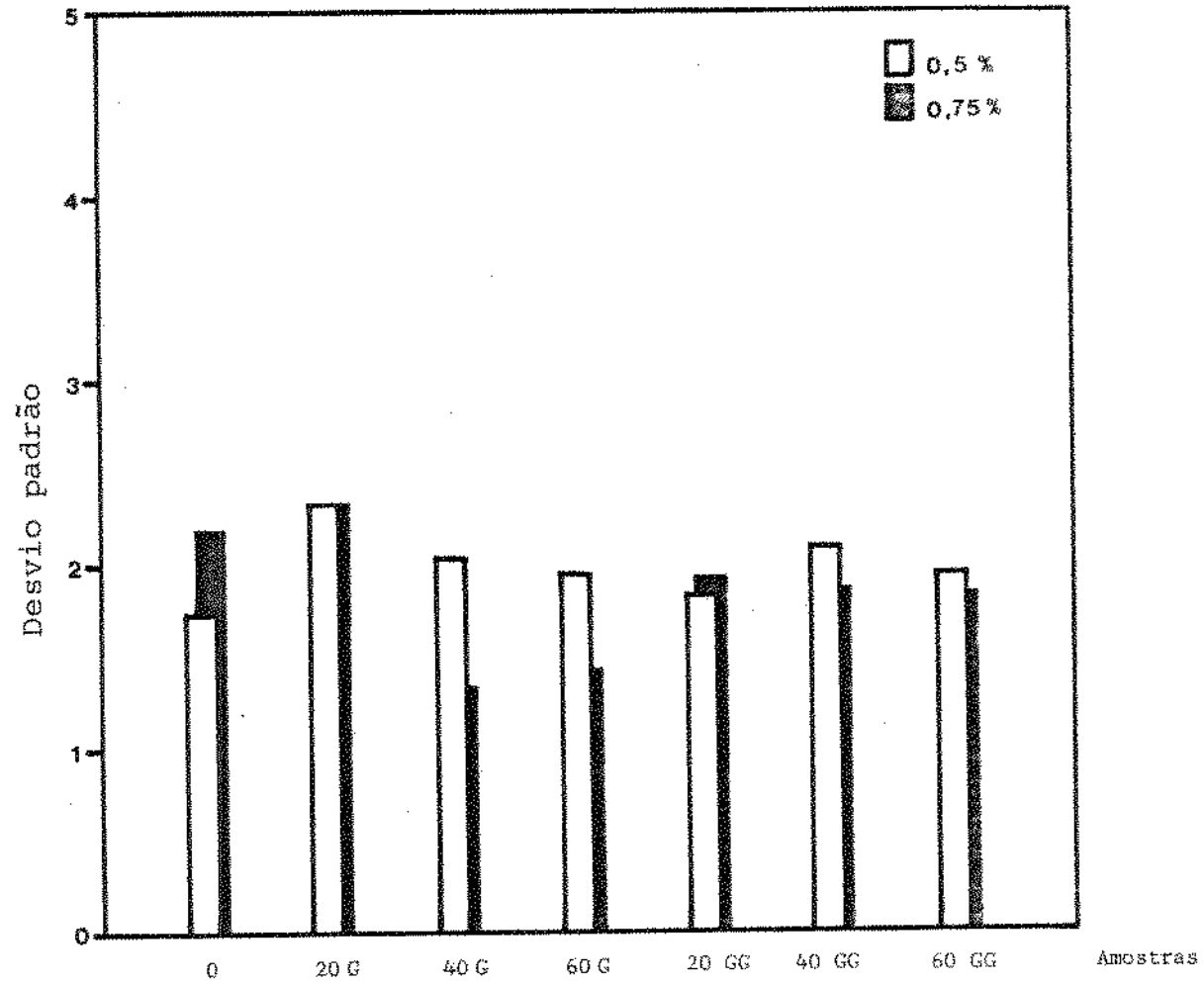


Figura IV.30 - Histograma de valores médios de desvio padrão das médias obtidas para os vários parâmetros de textura não oral, com relação a cada amostra com distintas substituições (0, 20, 40 e 60%) por goma garrofin (G) e pela mistura de goma garrofin + guar (GG) para as duas concentrações totais: 0,5% e 0,75%.

firma a qualidade da seleção de parâmetros realizada anteriormente (item IV.2.1.2), já que um dos aspectos chaves a ser considerado é que os termos devem ser não correlacionados entre si (Civille e Lawless, 1986). Redundância nos termos confunde tanto o provador como o pesquisador que interpreta os dados. Estes resultados também nos indicam uma alta consistência da equipe de provadores, pois estes pares de atributos que apresentam coeficiente de correlação mais altos são os mesmos para as amostras de 0,5% de concentração total (Tabela IV.22) e para as de 0,75% (Tabela IV.23), ou seja, estes resultados coincidem para os dois grupos de amostras.

IV.2.2.2. Influência dos fatores de composição dos géis na textura não oral

Nesta fase do trabalho iniciou-se o estudo da influência da composição na textura não oral dos géis, propriamente dita. Primeiramente, esta influência foi analisada do ponto de vista global. Para isto, foi aplicada uma MANOVA de três fatores (tipo de goma, porcentagem de goma e provadores) com interação, para cada um dos grupos de amostras de distinta concentração total (0,5 e 0,75%), incluindo os valores obtidos para os dez atributos de textura não oral, apresentados nas Tabelas IV.20 e IV.21.

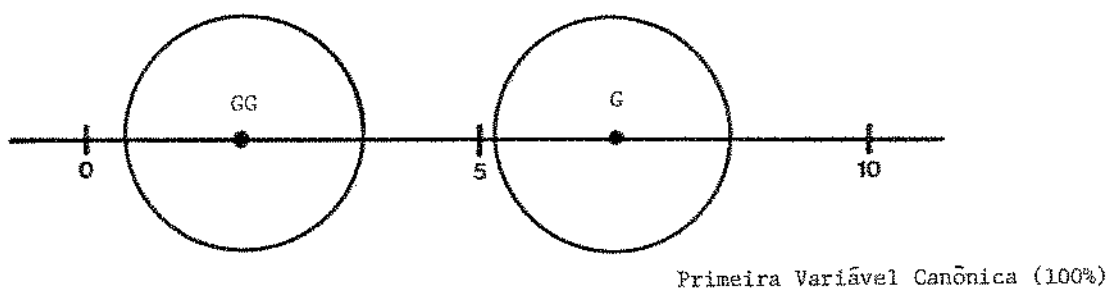
Os resultados obtidos para o efeito tipo de goma estão representados na Figura IV.31. Como pode ser observado, a primeira variável canônica explica 100% da variabilidade entre as duas populações, tanto para os géis à 0,5% (Figura IV.31a) como para os géis à 0,75% de concentração total (Figura IV.31b).

Tabela IV.22 - Matriz de coeficientes de correlação entre os dez parâmetros de textura não oral, para géis de concentração total de hidrocolóides de 0,5% (7 amostras).

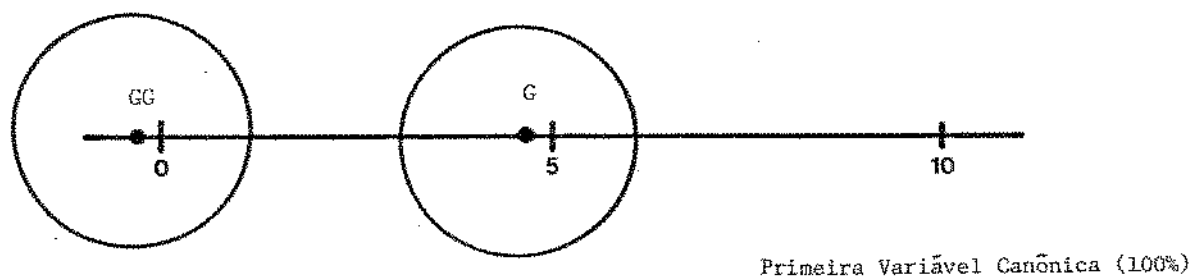
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ELASTICIDADE	DEFORMABILIDADE	DEFORMAÇÃO ANTES ROMPER	FIRMEZA	RESISTÊNCIA À RUPTURA	TIPO DE RUPTURA	RESISTÊNCIA INICIAL AO CORTE	DEFORMAÇÃO AO CORTAR	TIPO DE CORTE	SUPERFÍCIE DA ZONA CORTADA
1	1,000								
2	-0,397	1,000							
3	0,149	0,488	1,000						
4	0,151	0,226	0,406	1,000					
5	0,112	0,303	0,648	0,702	1,000				
6	0,393	-0,524	-0,237	-0,434	1,000				
7	0,158	0,355	0,529	0,653	-0,410	1,000			
8	0,207	0,387	0,509	0,660	-0,382	0,904	1,000		
9	-0,115	0,391	0,374	0,560	-0,603	0,669	0,523	1,000	
10	0,336	-0,526	-0,226	-0,468	0,950	-0,458	-0,437	-0,660	1,000

Tabela IV.23 - Matriz de coeficientes de correlação entre os 10 parâmetros de textura não oral, para géis de concentração total de hidrocolóides de 0,75% (7 amostras).

	ELASTICIDADE 1	DEFORMABILIDADE 2	DEFORMAÇÃO ANTES ROMPER 3	FIRMEZA 4	RESISTÊNCIA À RUPTURA 5	TIPO DE RUPTURA 6	RESISTÊNCIA INI- CIAL AO CORTE 7	DEFORMAÇÃO AO CORTAR 8	TIPO DE CORTE 9	SUPERFÍCIE DA ZONA CORTADA 10
1	1,000									
2	-0,447	1,000								
3	-0,357	0,493	1,000							
4	0,139	0,072	0,414	1,000						
5	-0,101	0,218	0,576	0,791	1,000					
6	0,663	-0,316	-0,274	-0,003	-0,114	1,000				
7	-0,187	0,211	0,613	0,619	0,723	-0,285	1,000			
8	-0,034	0,223	0,563	0,615	0,690	-0,358	0,851	1,000		
9	-0,467	0,288	0,516	0,414	0,471	-0,670	0,600	0,637	1,000	
10	0,652	-0,340	-0,343	-0,081	-0,171	0,955	-0,349	-0,409	-0,697	1,000



(a)



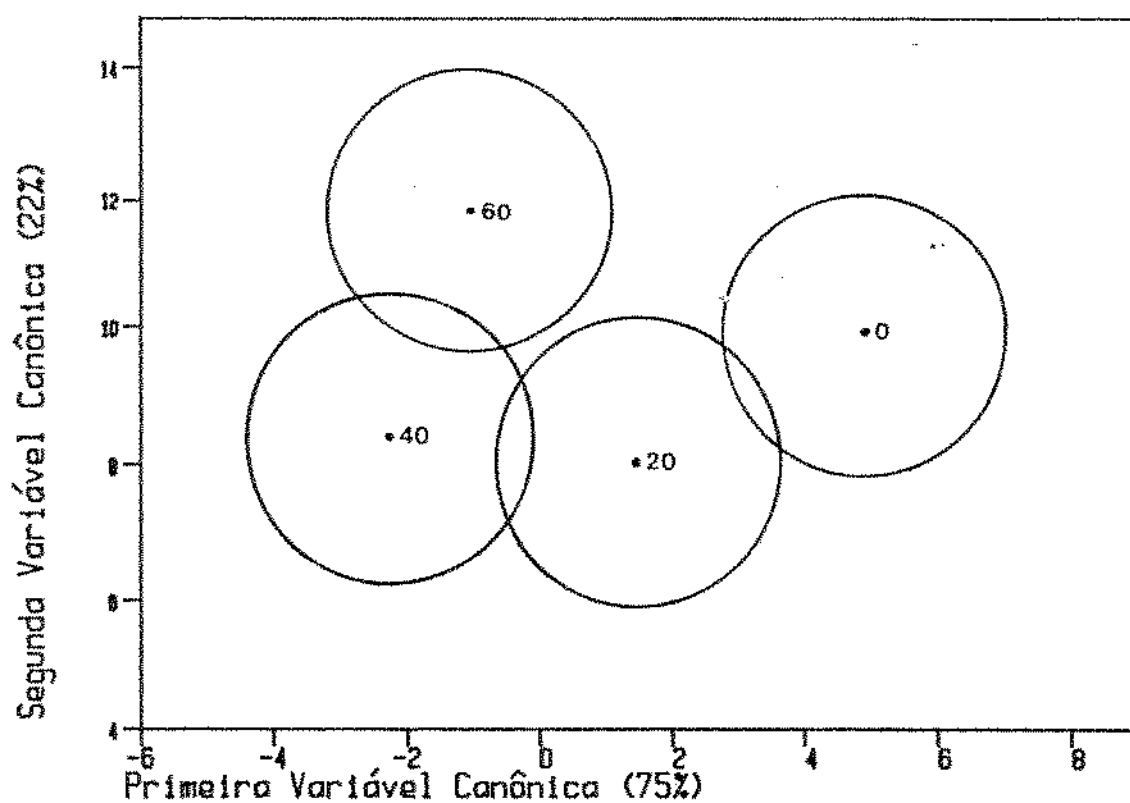
(b)

Figura IV.31 - Representação canônica com relação à primeira variável das populações com goma garrofim (G) e com a mistura de gomas garrofim + guar (GG) para géis de distinta concentração total de hidrocolóides: (a) 0,5% e (b) 0,75%. (Raio de confiança_{5%} = 1,498).

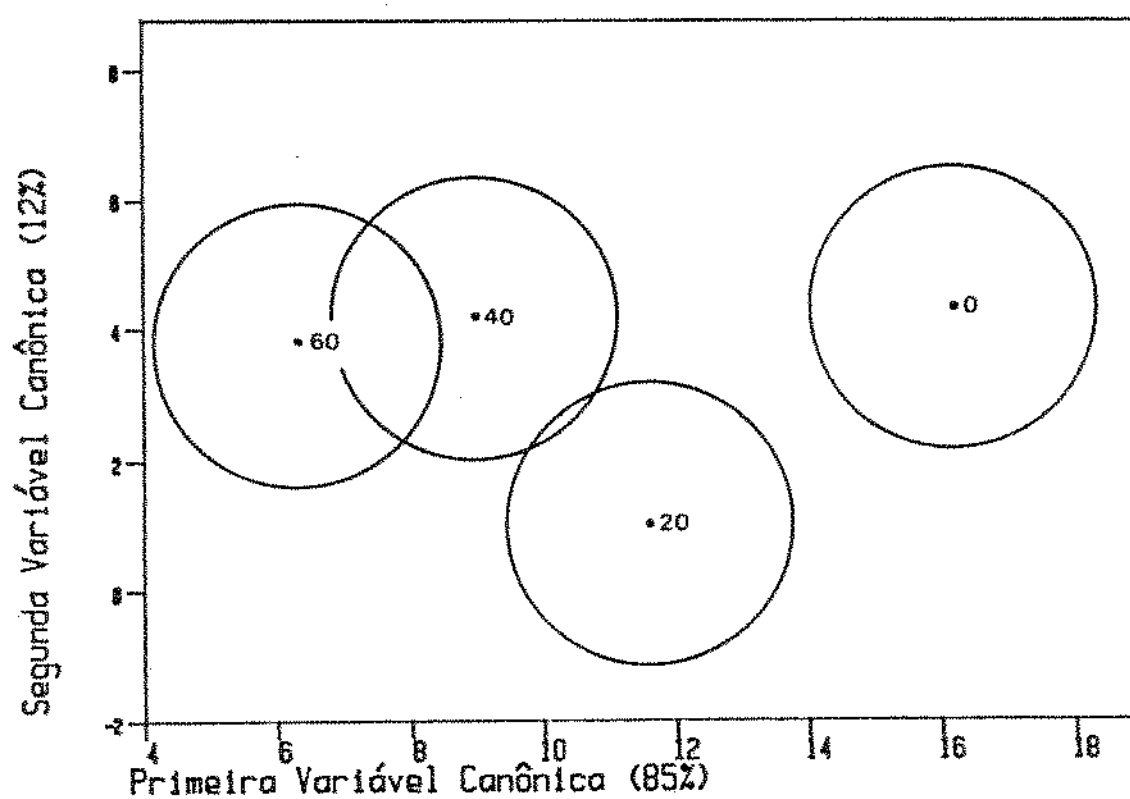
Em ambos os grupos, o conjunto de atributos discrimina altamente os dois tipos de goma, já que as distâncias entre as populações são muito maiores que o raio de confiança de 1,498 ao nível de significância de 5%. Esta discriminação foi similar para os dois grupos de amostras, já que as distâncias entre populações foram praticamente da mesma magnitude: 4,78 para os géis a 0,5% e 4,87 para os géis a 0,75% de concentração total.

Com relação à percentagem de goma substituída, a representação canônica está em função das duas primeiras variáveis que juntas explicam uma alta percentagem da variabilidade das populações (97%), para ambos os grupos de géis (Figura IV.32). Como a percentagem de explicação foi alta, com a simples observação da representação gráfica pode-se verificar que todas as populações diferenciam-se significativamente ($p < 0,05$) entre si, já que as distâncias entre elas são maiores que o raio de confiança a este nível de probabilidade (2,118). Quanto à distribuição destas populações, destaca-se o fato que, tanto à 0,5% (Figura IV.32a) como à 0,75% de concentração total (Figura IV.32b), a amostra que mais se distancia das outras com relação a variável canônica 1 é a constituída somente por k-carragenato (0% goma), sendo que isto ocorre de forma muito mais acentuada com grupo de amostras de concentração total mais alta (Figura IV.32b). Este comportamento é coerente com o esperado, já que a amostra sem adição de gomas deve apresentar um tipo de gelificação distinta das outras.

O outro efeito estudado, para provadores, está representado na Figura IV.33. A representação canônica está em função das três primeiras variáveis com a percentagem de explicação acumulada de 94 e 89%, para os géis à 0,5 e 0,75%, respectivamente. Embora na figura algumas destas populações se apresen-



(a)



(b)

Figura IV.32 - Representação canônica com relação às duas primeiras variáveis das populações com distintas porcentagens de substituição de goma (0, 20, 40 e 60%) para géis de distinta concentração total de hidrocolóides: (a) 0,5% e (b) 0,75%. (Raio de confiança_{5%} = 2,118).

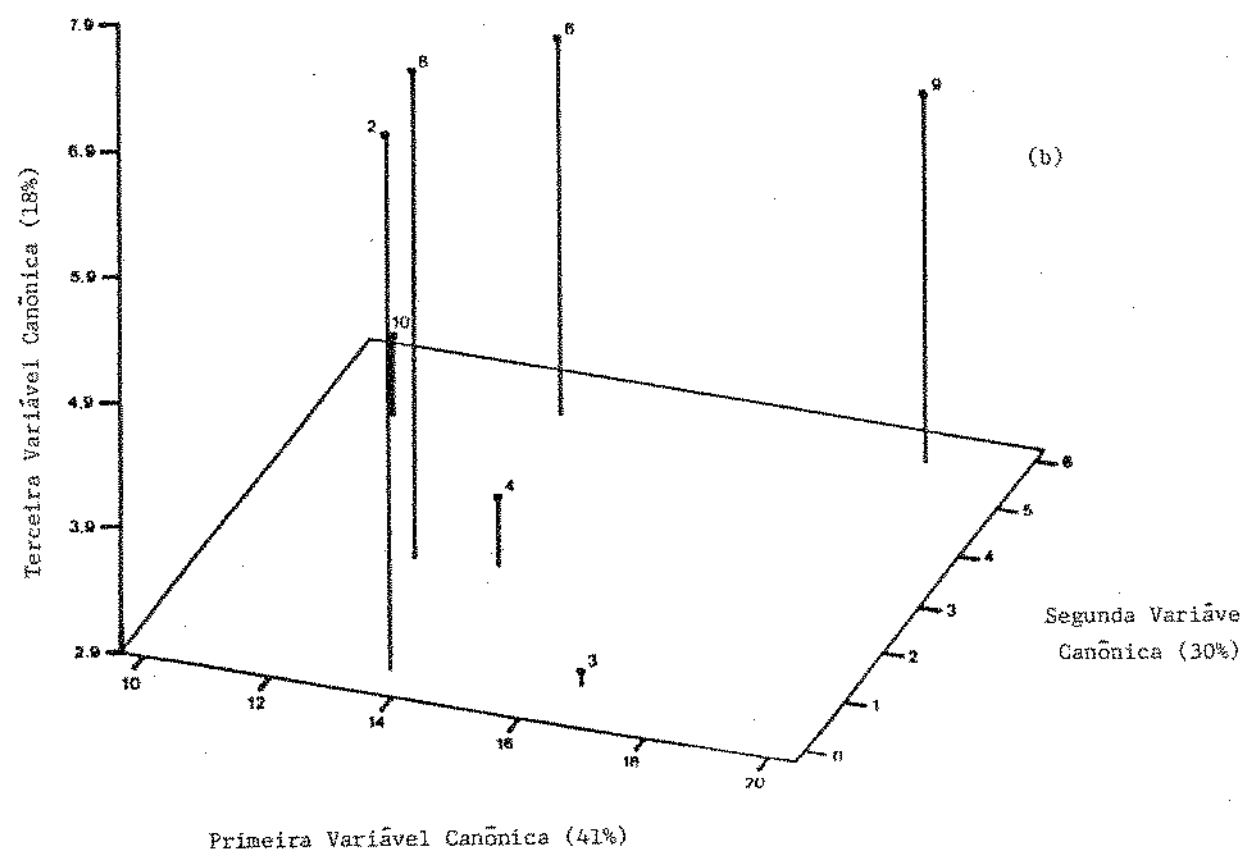
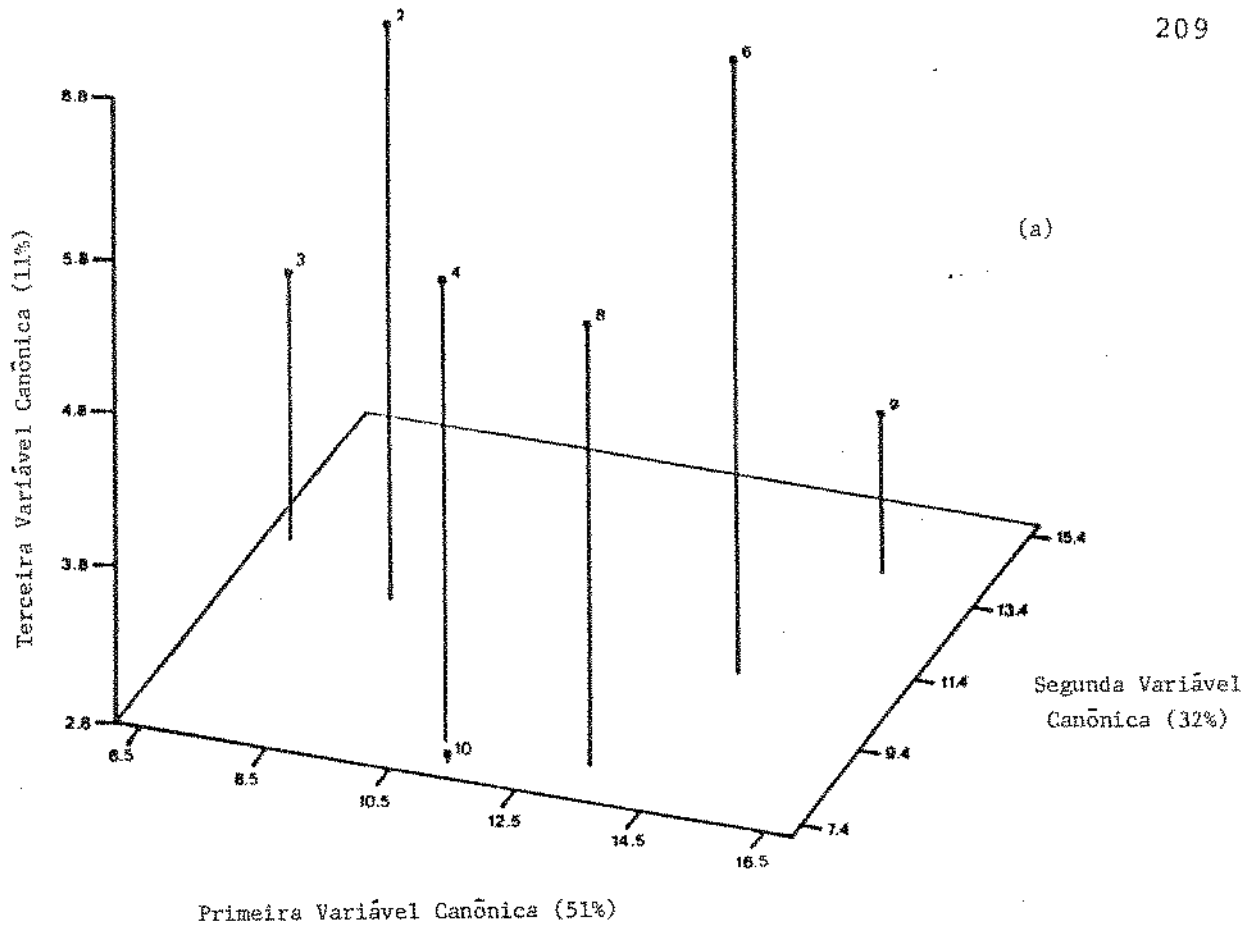
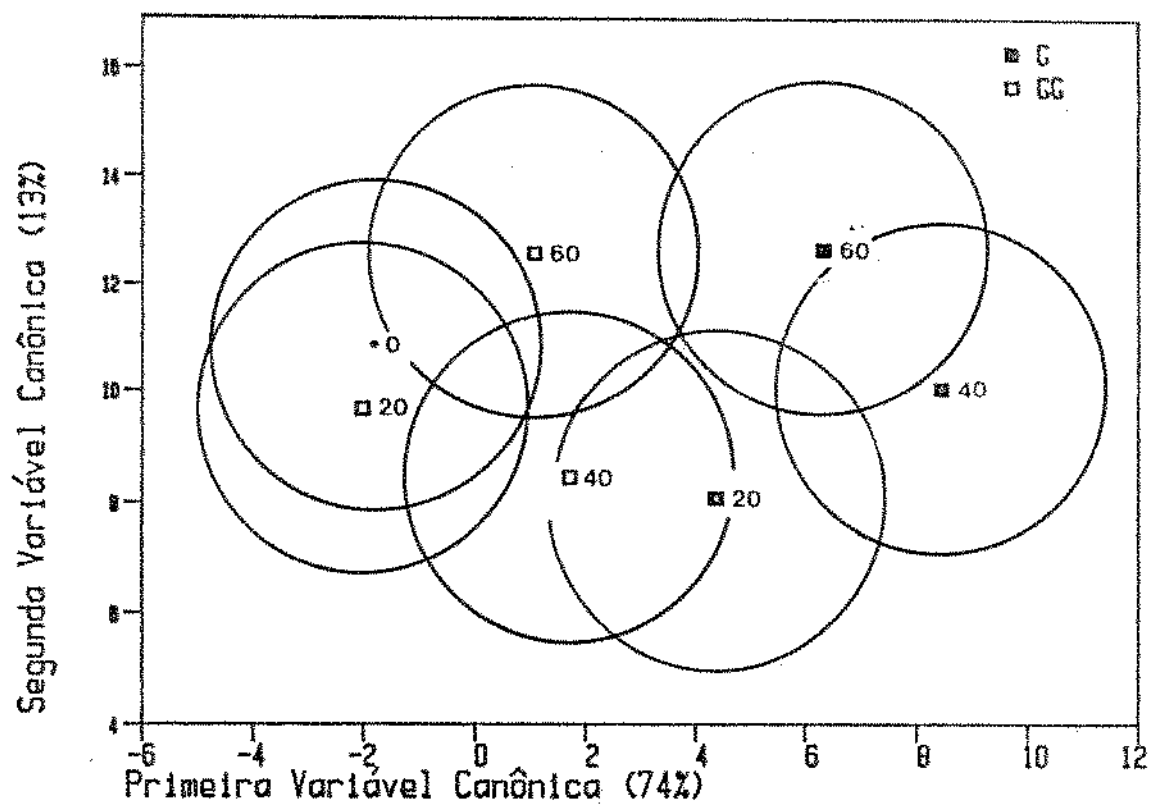


Figura IV.33 - Representação canônica com relação às três primeiras variáveis das populações de sete provadores, em análises de gêis de distinta concentração total de hidrocolóides: (a) 0,5% e (b) 0,75% (Raio de confiança₅₈ = 2,802).

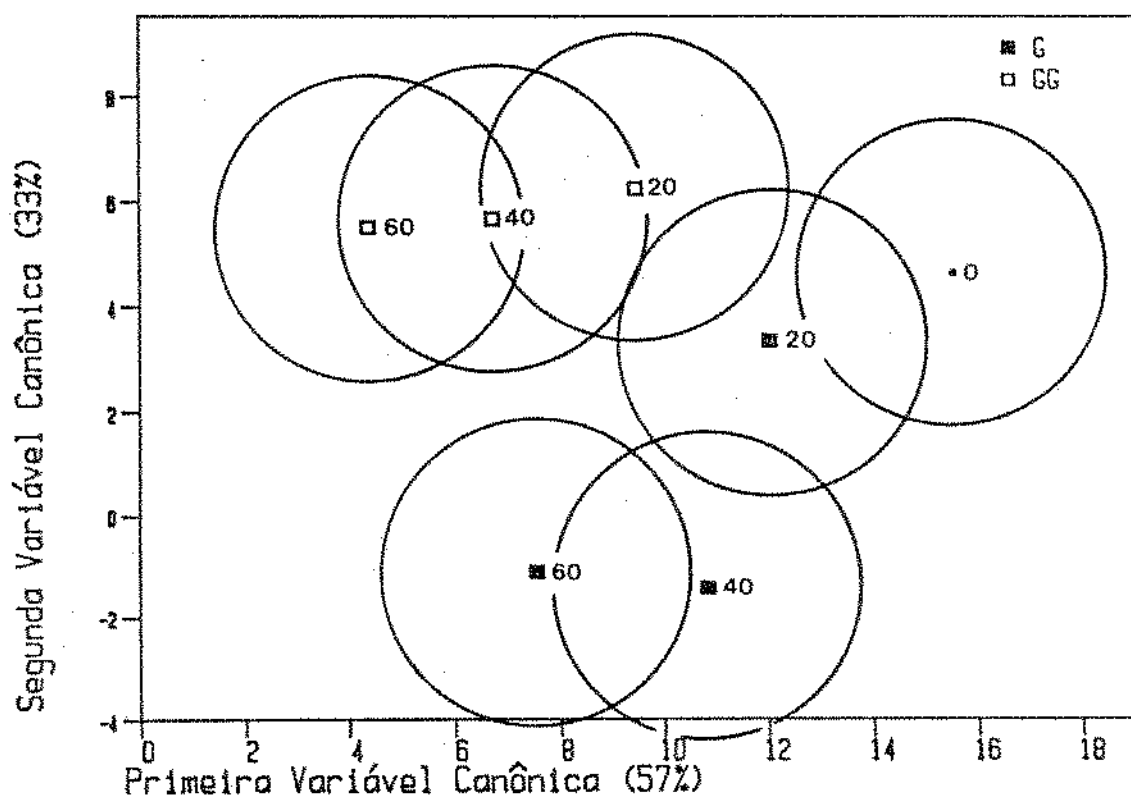
tem próximas, considerando-se quatro variáveis canônicas com as quais se obtém 98% e 95% de explicação acumulada, todas as distâncias entre populações superam o raio de confiança de 2,802, concluindo-se que todos os provadores diferenciam-se significativamente ($p < 0,05$) entre si.

Finalmente, outro aspecto que é interessante comentar do estudo da MANOVA é a interação entre tipo de goma e porcentagem de goma utilizada, que é onde melhor pode ser observada a influência da porcentagem de substituição de cada tipo de goma (Figura IV.34). Para os dois grupos de amostras, as duas primeiras variáveis canônicas atingiram uma alta porcentagem de explicação da variabilidade das populações, sendo 87% para as amostras à 0,5% (Figura IV.34a) e 90% para as amostras à 0,75% de concentração total (Figura IV.34b). Assim como ocorre no caso do estudo das diferenças entre provadores, verifica-se que algumas das amostras estão muito próximas, porém, considerando-se as distâncias com base a três variáveis canônicas, atingindo 99% de explicação para as amostras à 0,5% e a quatro variáveis atingindo 95% de explicação para as amostras à 0,75%, conclui-se que todas as amostras diferenciam-se entre si, já que estas distâncias são maiores que o raio de confiança ao nível de significância de 5% (2,995). Portanto, os dez parâmetros avaliados, em conjunto, foram suficientes para a equipe sensorial discriminar as sete amostras em cada grupo de concentração total.

Além disso, estes resultados são consistentes com os obtidos anteriormente no estudo do fator tipo de goma (Figura IV.31), pois pode-se separar as amostras em dois grupos, de acordo com o tipo de goma utilizada. Para as amostras à 0,5% de concentração total (Figura IV.34a), as substituídas com goma



(a)



(b)

Figura IV.34 - Representação canônica com relação às duas primeiras variáveis das populações com distintas porcentagens de substituição (0, 20, 40 e 60%) de goma garrofin (G) e de mistura de gomas (GG) para géis de distinta concentração total de hidrocolóides: (a) 0,5% e (b) 0,75%. (Raio de confiança_{5%} = 2,995).

garrofim apresentaram valores mais altos para a variável canônica 1, enquanto que, para as amostras à 0,75% (Figura IV.34b), estas apresentaram valores mais altos para a variável canônica 2.

Nos dois casos, a amostra com goma garrofim que mais se aproxima do grupo de amostras com a mistura de goma garrofim + guar é a substituída com 20%, o que já era de se esperar já que esta é a menor das porcentagens de substituição. Outra similaridade encontrada nos resultados obtidos para as duas concentrações totais (0,5 e 0,75%) é que a amostra cujo único hidrocolóide é o k-carragenato localiza-se muito mais próxima das amostras substituídas com a mistura de gomas, principalmente para a concentração de 0,5%. Isto indica que, de um modo geral, a substituição de goma garrofim provoca maiores variações na textura não oral dos géis, que quando a substituição é pela mistura de gomas garrofim + guar, assim como já havia sido observado no estudo das variações no comportamento mecânico dos géis (item IV.1.2.1). Porém, deve ser destacado que, no caso das amostras à 0,75% de concentração total (Figura IV.34b) para a menor porcentagem de substituição (20%), o tipo de goma que provoca menos variações é a goma garrofim.

Como conclusão global da MANOVA, obtém-se que as variações na composição dos géis analisados, tanto quanto ao tipo de goma substituído como quanto a porcentagem dessa substituição, provocam modificações importantes na textura não oral destes géis.

IV.2.2.3. Influência dos fatores de composição em cada atributo de textura não oral

De acordo com Powers et alii (1984), para tomar decisões com relação à existência de diferenças entre os produtos, quando vários parâmetros são analisados, é melhor aplicar métodos de análise multivariada aos dados, em que o risco de tomar uma decisão errônea, pode ser estimado de forma mais direta. Porém, estes mesmos autores, também consideram que a comprovação da existência de diferenças significativas com a MANOVA não finaliza a análise dos dados sensoriais, pois, geralmente, interessa saber em que estes produtos diferem.

Para obter informação sobre as diferenças entre os géis de k-carragenato substituídos com goma, em cada um dos atributos sensoriais analisados, foi realizada uma ANOVA de três fatores (tipo de goma, porcentagem de substituição e provador) para cada um destes atributos. Foram utilizados os mesmos dados experimentais de cada um dos grupos de amostras de distinta concentração total (0,5 e 0,75%), já empregados anteriormente (Tabelas IV.20 e IV.21).

Os valores de F obtidos nestes estudos de ANOVA para os dois grupos de amostras (0,5 e 0,75%) encontram-se nas Tabelas IV.24 e IV.25. De maneira geral, os resultados obtidos para as duas concentrações totais são bastante similares. Com relação ao efeito tipo de goma, por exemplo, os dois atributos para os quais o valor de F não é significativo, ao nível de 5% de probabilidade, ("elasticidade" e "deformabilidade") são os mesmos para os dois grupos de amostras, ou seja, o tipo de goma não influenciou significativamente nestes dois atributos, tanto para as amostras à 0,5% como à 0,75%.

Tabela IV.24 - Valores de F da análise de variância de cada atributo de textura não oral e de diferenças mínimas significativas (DMS) para géis com 0,5% de concentração total de hidrocolóides⁽¹⁾.

CAUSAS DE VARIÇÃO	ELASTICIDADE	DEFORMABILIDADE	DEFORMAÇÃO ANTES ROMPER	FIRMEZA	RESISTÊNCIA À RUPTURA	TIPO DE RUPTURA	RESISTÊNCIA INICIAL AO CORTE	DEFORMAÇÃO AO CORTAR	TIPO DE CORTE	SUPERFÍCIE DA ZONA CORTADA	F ^{5%}
TIPO DE GOMA	0,46	0,91	29,44*	16,46*	38,95*	9,38*	62,85*	50,02*	13,62*	10,90*	4,41
% DE GOMA	8,07*	16,32*	25,06*	4,69*	10,28*	38,84*	21,48*	11,69*	17,82*	37,86*	3,16
PROVADOR	10,75*	2,77*	12,78*	12,70*	4,25*	5,79*	8,11*	10,56*	1,72	7,02*	2,66
INTERAÇÃO	1,56	0,23	7,69*	7,74*	7,93*	1,44	8,42*	6,48*	1,76	1,82	3,16
TIPO DE GOMA X % GOMA											
INTERAÇÃO	1,36	3,20*	0,37	1,07	0,97	0,62	0,74	1,30	1,54	0,92	2,66
TIPO GOMA X PROVADOR											
INTERAÇÃO	4,61*	3,74*	3,24*	1,58	2,19	1,24	3,18*	3,10*	1,04	1,65	2,22
% GOMA X PROVADOR	1,60 ⁽²⁾	1,35 ⁽²⁾	2,48 ⁽³⁾	2,32 ⁽³⁾	2,42 ⁽³⁾	1,79 ⁽²⁾	1,96 ⁽³⁾	1,86 ⁽³⁾	1,61 ⁽²⁾	1,56 ⁽²⁾	
DMS 5%											

(*) Valores de F significativos ao nível de 5%

(1) Valores dos atributos na Tabela IV.20

(2) Valores de DMS para % de goma

(3) Valores de DMS para interação tipo de goma x % goma

Tabela IV.25 - Valores de F da análise de variância de cada atributo de textura não oral e de diferenças mínimas significativas (DMS) para géis com 0,75% de concentração total de hidrocolóides⁽¹⁾.

CAUSAS DE VARIÇÃO	ELASTICIDADE	DEFORMABILIDADE	DEFORMAÇÃO ANTES ROMPER	FIRMEZA	RESISTÊNCIA À RUPTURA	TIPO DE RUPTURA	RESISTÊNCIA INICIAL AO CORTE	DEFORMAÇÃO AO CORTE	TIPO DE CORTE	SUPERFÍCIE DA ZONA CORTADA	F ^{5%}
TIPO DE GOMA	1,72	0,53	29,79*	76,51*	63,34*	5,20*	94,30*	99,58*	33,66*	6,44*	4,41
% DE GOMA	15,74*	2,87	8,68*	0,54	1,14	69,99*	13,01*	12,03*	29,66*	61,91*	3,16
PROVADOR	10,76*	1,58	12,76*	4,51*	1,77	5,18*	5,57*	8,27*	1,98	4,58*	2,66
INTERAÇÃO											
TIPO DE GOMA X % GOMA	1,15	1,41	5,59*	9,80*	8,51*	0,87	12,97*	15,08*	4,17*	1,57	3,16
INTERAÇÃO											
TIPO GOMA X PROVADOR	0,29	0,71	0,61	1,44	0,32	0,98	0,78	1,91	2,15	1,15	2,66
INTERAÇÃO											
% GOMA X PROVADOR	2,20	1,99	3,15*	1,82	1,29	2,32*	2,96*	1,45	2,39*	2,40*	2,22
DMS 5%	1,63 ⁽²⁾	-	2,25 ⁽³⁾	2,13 ⁽³⁾	2,98 ⁽³⁾	1,40 ⁽²⁾	2,52 ⁽³⁾	2,42 ⁽³⁾	1,43 ⁽²⁾	1,47 ⁽²⁾	

(*) Valores de F significativos ao nível de 5%

(1) Valores dos atributos na Tabela IV.21

(2) Valores de DMS para % de goma

(3) Valores de DMS para interação tipo de goma x % goma

No entanto, a porcentagem de substituição influenciou na "elasticidade" para ambos os grupos, e na "deformabilidade" para o grupo de 0,5% de concentração total. Enquanto que, para as amostras à 0,5%, todos os parâmetros utilizados apresentaram valores de F significativo com relação a este efeito, para as amostras à 0,75%, a porcentagem de goma substituída influenciou somente em sete dos dez atributos analisados, sendo que, além da "deformabilidade", já comentada anteriormente, também a "firmeza" e a "resistência à ruptura" não apresentaram efeito significativo ($p < 0,05$) da porcentagem de substituição de goma.

Como também pode ser observado nas Tabelas IV.24 e IV.25, o efeito da interação entre tipo de goma e porcentagem de goma substituída foi significativo ($p < 0,05$) para aproximadamente a metade dos atributos. Novamente aqui, os resultados para a concentração total de 0,5% foram consistentes com os obtidos para 0,75%. Os cinco parâmetros para os quais se obteve valores de F significativos para as amostras à 0,5% também apresentaram F significativos para as amostras à 0,75%. São eles: "deformação antes de romper", "firmeza", "resistência à ruptura", "resistência inicial ao corte" e "deformação antes de cortar". Além destes, para as amostras à 0,75% observou-se também efeito significativo para "tipo de corte".

Para saber quais as amostras que se diferenciam, a partir dos cálculos da ANOVA, foram determinados os valores de diferença mínima significativa (DMS) para a comparação entre as médias apresentadas nas Tabelas IV.20 e IV.21. No caso dos atributos em que o efeito da interação entre tipo de goma e porcentagem de goma foi significativo ($p < 0,05$), foram comparadas as médias obtidas em cada porcentagem de substituição, dentro de cada tipo de goma. Os valores obtidos estão apresentados

nas Tabelas IV.24 e IV.25, assim como os valores de F correspondentes.

Quanto aos provadores, como já era de se esperar pelos resultados da MANOVA (Figura IV.33), existe diferença significativa ($p < 0,05$) entre eles para a maioria dos atributos (Tabelas IV.24 e IV.25). Não obstante, de acordo com vários autores, isto não tem maior importância quanto à eficiência da equipe, pois diferenças significativas entre provadores é lógica (Stone et alii, 1974; Powers et alii, 1984). Segundo Stone et alii (1974), não é crítico que somente um segmento da escala seja usado por um provador, mas sim que sua eficiência seja consistente, o que se pode verificar pela baixa significação das interações entre provador e amostras. Neste sentido, pode-se considerar que a equipe sensorial utilizada neste trabalho apresentou uma eficiência satisfatória.

IV.2.2.4. Evolução dos atributos sensoriais com a composição dos géis

Com as médias obtidas para as amostras (Tabelas IV.20 e IV.21), foram construídas curvas da evolução de cada atributo, que estão apresentadas nas Figuras IV.35, IV.36 e IV.37.

Entre os atributos avaliados, encontram-se três que se destacam dos outros pela natureza da informação e pelo modo que se realiza a medida: "tipo de ruptura", "tipo de corte" e "superfície da zona cortada". Estes atributos estão muito relacionados com a estrutura do produto e, em parte, descrevem seu aspecto. Por esta razão, a análise de sua evolução foi feita de uma maneira conjunta.

Como pode ser observado na Figura IV.35 e de acordo com a ANOVA (Tabela IV.24 e IV.25), o tipo de goma substituída nos géis influenciou significativamente ($p < 0,05$) as medidas obtidas para os três atributos. Considerando a mesma concentração total e a mesma porcentagem de substituição, as amostras com goma garrofin apresentaram "tipo de ruptura" e "superfície da zona cortada" mais amorfa e "tipo de corte" mais rugoso.

Com relação à porcentagem de substituição de goma, também existe influência significativa para os três atributos. Para "tipo de ruptura" todas as porcentagens de substituição nas amostras à 0,5% diferem significativamente ($p < 0,05$) entre si, sendo que ao aumentar estas porcentagens encontra-se que a ruptura é cada vez mais amorfa. As amostras à 0,75% também seguem o mesmo comportamento para esse parâmetro, mas nesse caso, nem todas as porcentagens diferem significativamente. Para "tipo de corte", a tendência é obter um corte mais rugoso, de acordo com o aumento da porcentagem de goma substituída. Para "superfície da zona cortada", de forma similar ao "tipo de ruptura", observa-se uma tendência de superfície mais amorfa, com o aumento da porcentagem de substituição.

Entre os três parâmetros comentados aqui, "tipo de corte" é o único para o qual foi encontrado valor de F significativo ($p < 0,05$) para o efeito da interação entre tipo de goma e porcentagem de substituição e, ainda assim, somente para as amostras à 0,5% de concentração total (Tabela IV.25). Comparando-se as diferenças entre as médias obtidas para estas amostras com a $DMS_{5\%}$ calculada (2,45), conclui-se que as amostras que mais diferem das outras são: a que não leva adição de goma e a com 60% goma garrofin que, por sua vez, são as que mais se aproximam dos extremos da escala de "tipo de corte", suave e rugoso, res-

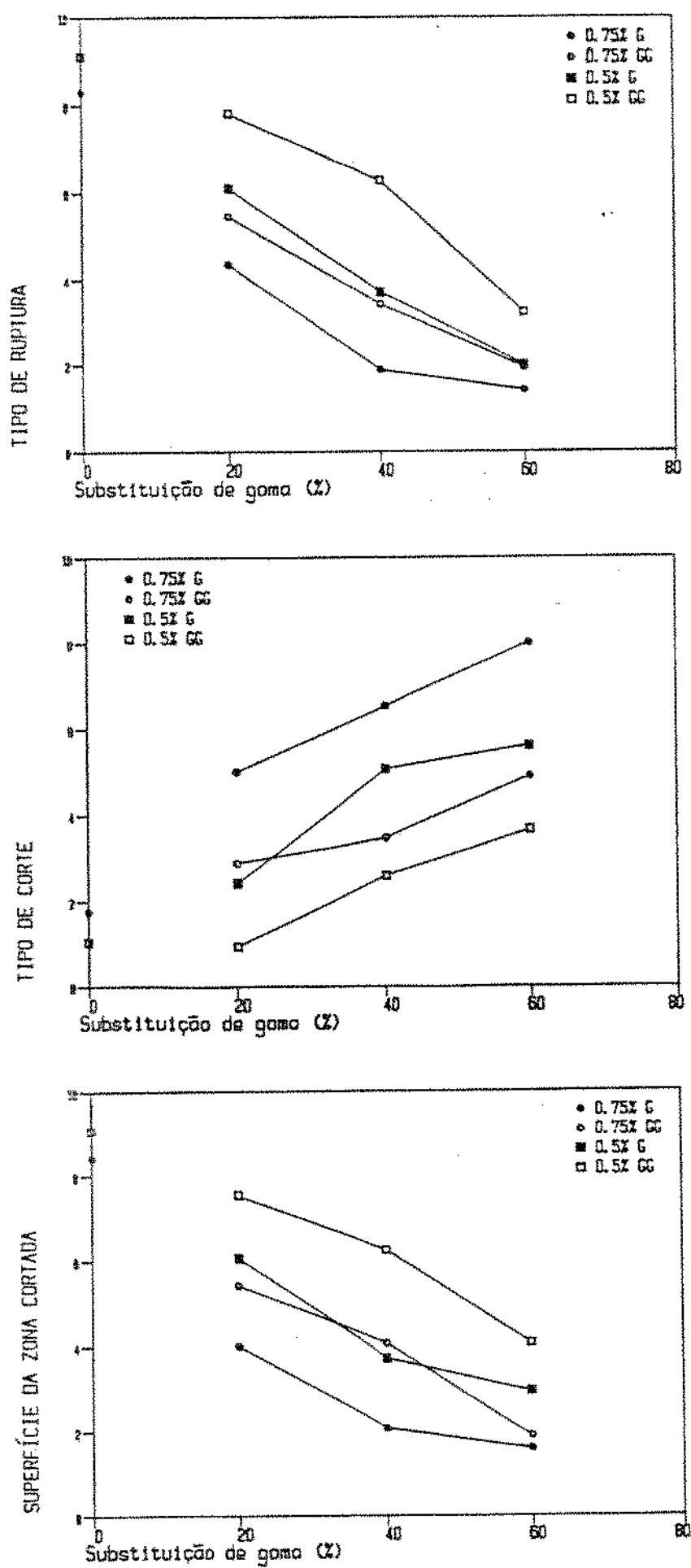


Figura IV.35 - Evolução dos valores obtidos para os atributos sensoriais tipo de ruptura, tipo de corte e superfície da zona cortada, segundo o aumento da concentração de goma na amostra. Concentração total de hidrocolóides de 0,5% e de 0,75%. Tipo de goma: garrofin (G) e mistura de garrofin + guar (GG).

pectivamente, como se observa na Figura IV.35.

Ao considerar as duas concentrações totais (0,5 e 0,75%), a tendência é que, para uma mesma porcentagem de substituição de goma, as amostras a 0,75% apresentam ruptura mais amorfa, corte mais rugoso e superfície da zona cortada mais amorfa que as amostras à 0,5%. Porém, para os três parâmetros, existe praticamente uma sobreposição dos valores obtidos para as amostras à 0,75% substituídas com a mistura de gomas e os obtidos para as amostras à 0,5% substituídas com goma garrofim. Da mesma forma, os valores obtidos para as amostras sem adição de goma para as duas concentrações totais estão bastante próximas.

Passando a análise da evolução dos sete atributos restantes, os únicos que não apresentam grandes variações nos valores obtidos são "elasticidade" e "deformabilidade", cujas curvas estão apresentadas na Figura IV.36. Comparando-se as duas concentrações totais (0,5 e 0,75%), para os dois atributos estudados aqui, existe uma sobreposição dos valores obtidos para quase todos os níveis de porcentagem de goma. Resultados similares a estes foram encontrados por Muñoz et alii (1984b), que trabalharam com géis de k-carragenato à 0,8 e 1,3% de concentração total. Ao avaliar a "elasticidade" (medida ao comprimir o gel duas vezes entre a língua e o palato sem romper), não foi encontrada diferença significativa entre os valores obtidos para os dois níveis de concentração total.

Embora de acordo com o estudo de ANOVA (Tabelas IV.24 e IV.25) não se verificou influência significativa ($p < 0,05$) do tipo de goma substituída, as curvas indicaram uma tendência a se obter valores mais altos de "elasticidade" e mais baixos de "deformabilidade" para as amostras substituídas com a mistura de goma garrofim + guar.

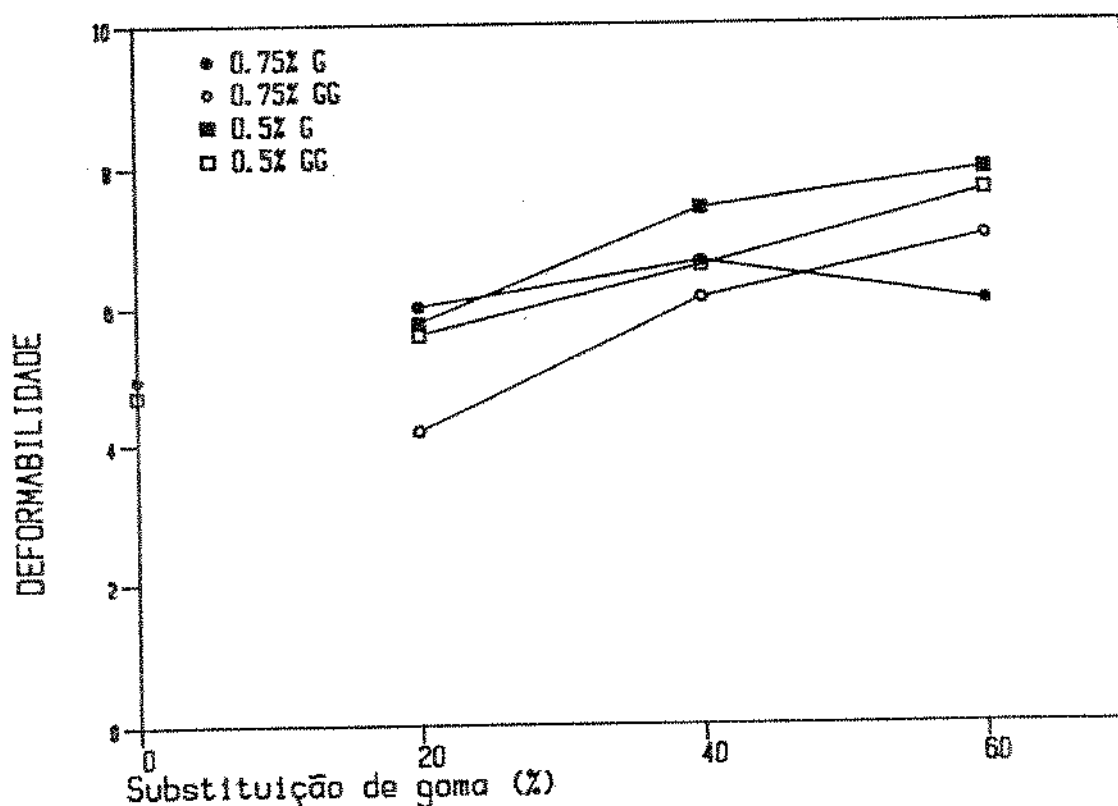
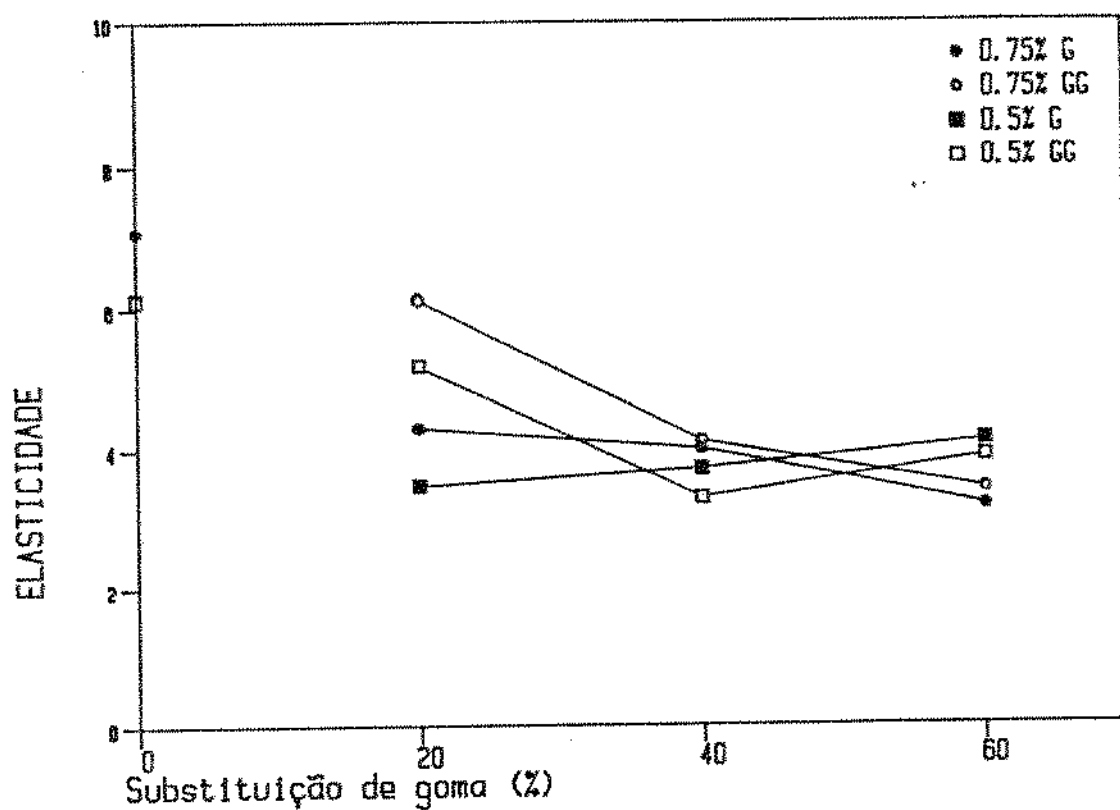


Figura IV.36 - Evolução dos valores obtidos para os atributos sensoriais elasticidade e deformabilidade, segundo o aumento da concentração de goma na amostra. Concentração total de hidrocolóides de 0,5% e de 0,75%. Tipos de goma: garrofin (G) e mistura de garrofin + guar (GG).

Quanto à porcentagem de goma substituída, observa-se diferenças para "elasticidade" para as duas concentrações totais (0,5 e 0,75%) e para "deformabilidade" somente para as amostras à 0,5%. Para "elasticidade", à concentração de 0,5% destaca-se que a amostra sem adição de goma apresenta valores mais altos que todas as outras. Isto também ocorre para a concentração total de 0,75%, porém, neste caso, a amostra com 20% goma também apresenta valores significativamente ($p < 0,05$) mais altos que a com 60% goma. Para "deformabilidade", entre as amostras à 0,5% observa-se um aumento de valores com o aumento da porcentagem de goma.

Com relação aos cinco últimos atributos a serem analisados, de acordo com o que pode ser observado na Figura IV.37, de modo geral, as amostras à 0,75% de concentração total apresentaram valores mais altos que à 0,5%. Entretanto, em alguns casos ("resistência inicial ao corte" e "deformação antes de cortar"), quando a substituição é com a mistura de goma garrofin + guar, os valores das duas concentrações totais praticamente sobrepõem-se uns aos outros. Estes resultados concordam com os obtidos por Muñoz et alii (1984b), que avaliaram "firmeza" (medida por corte com faca e por compressão) em géis de k-carragenato à 0,8 e 1,3% de concentração total e encontraram valores mais altos para os géis de maior concentração. Assim como no presente trabalho, a diferença entre os valores foi maior para o atributo medido por compressão. Usando também escalas não estruturadas de 10 cm, os resultados foram os seguintes: para firmeza-faca 1,40 e 2,26; para firmeza-compressão 4,53 e 7,85, para os géis a 0,8 e 1,3% de concentração total, respectivamente.

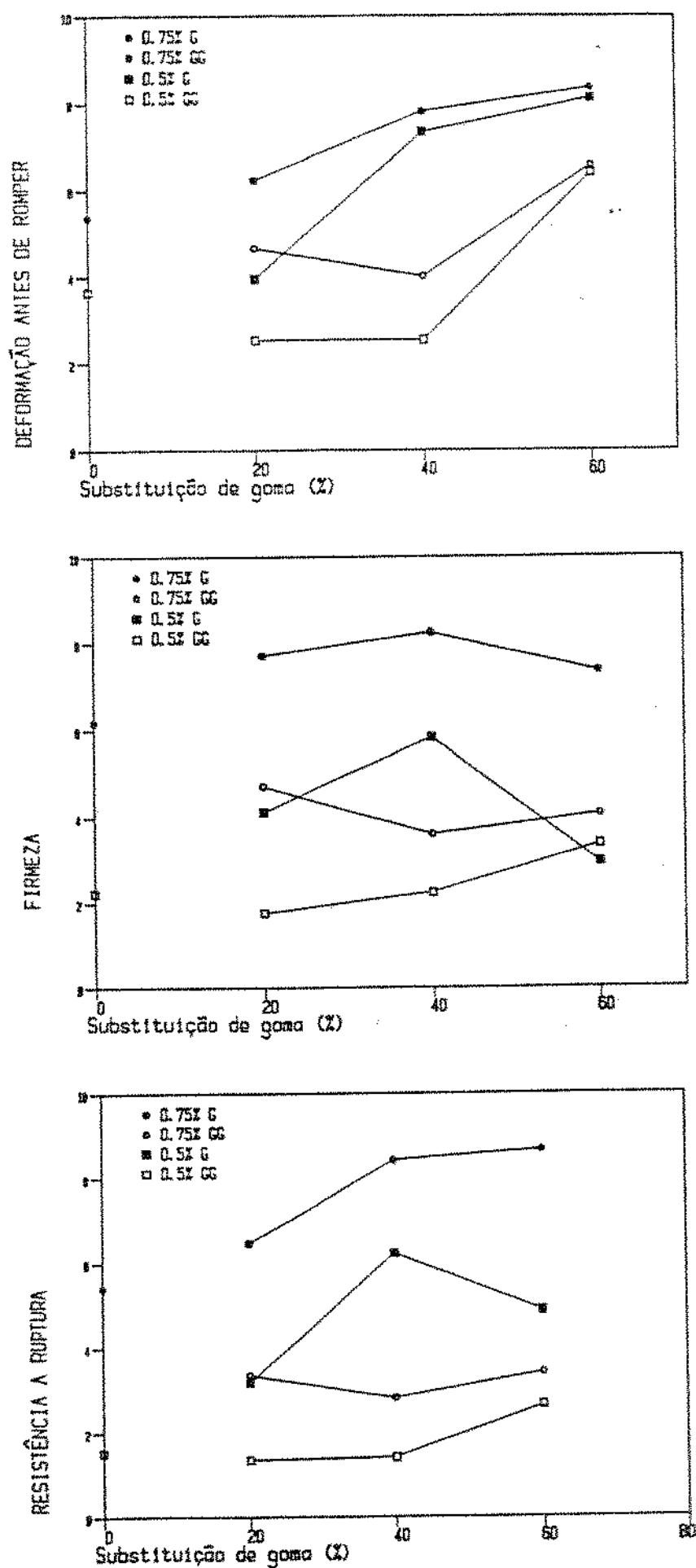


Figura IV.37(a) - Evolução dos valores obtidos para os atributos sensoriais deformação antes de romper, firmeza e resistência à ruptura, segundo o aumento da concentração de goma na amostra. Concentração total de hidrocolóides de 0,5% e de 0,75%. Tipo de goma: garrofin (G) e mistura de garrofin + guar (GG).

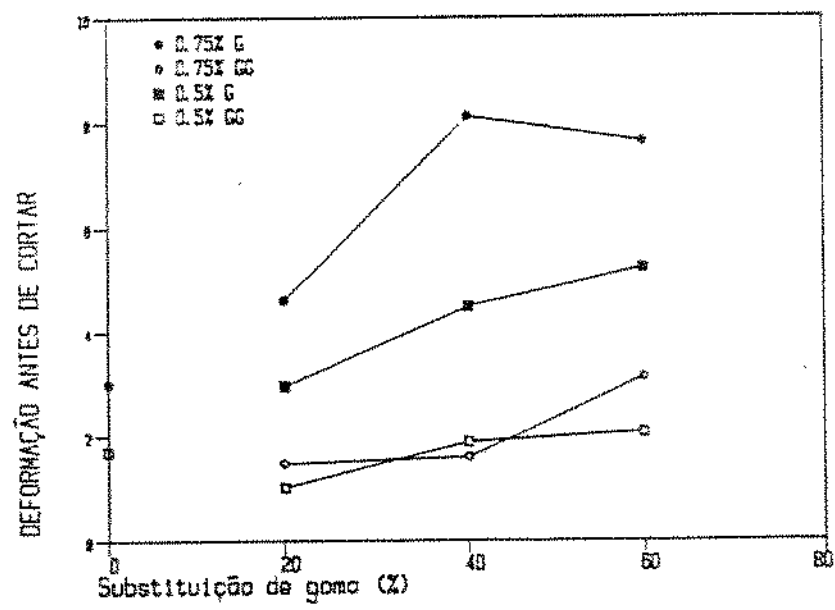
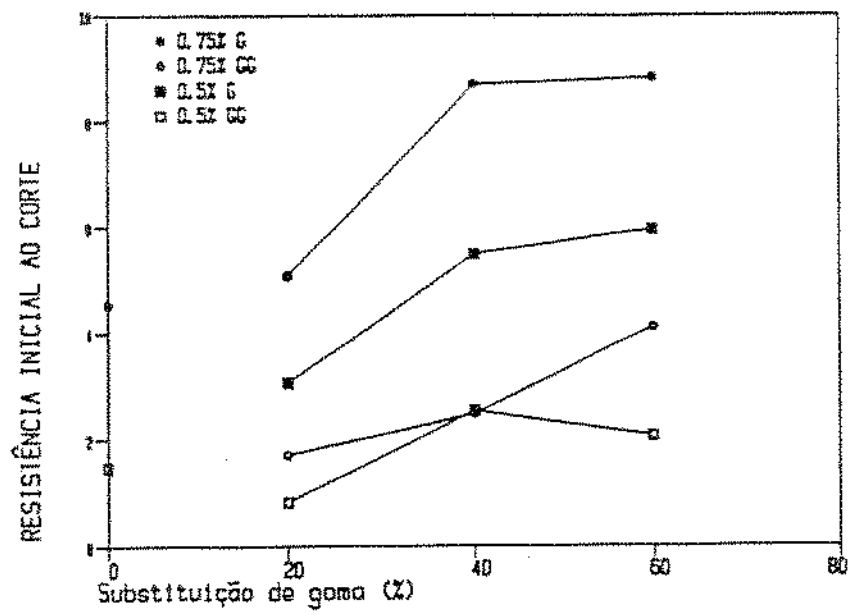


Figura IV.37 (b) - Evolução dos valores obtidos para os atributos sensoriais resistência inicial ao corte e deformação antes de cortar, segundo o aumento da concentração de goma na amostra. Concentração total de hidrocolóides de 0,5% e de 0,75%. Tipo de goma: garrofin (G) e mistura de garrofin + guar (GG).

Outra característica comum que estes cinco atributos apresentam quanto à sua evolução é que as amostras substituídas com goma garrofin apresentam valores significativamente ($p < 0,05$) superiores aos das amostras substituídas com a mistura de gomas, principalmente entre as de 0,75% de concentração total.

Analisando a evolução destes parâmetros em relação à porcentagem de goma substituída, quando a substituição é de mistura de goma garrofin + guar, geralmente, não existe diferença significativa ($p < 0,05$), exceto para "deformação antes de romper" em que a amostra com 60% apresenta valores maiores que os outros. Quando a substituição é de goma garrofin, para os parâmetros "resistência inicial ao corte" e "deformação antes de cortar" verifica-se um aumento de valores com o aumento da porcentagem de substituição, sendo que os valores máximos são para 40 e 60% garrofin que não diferem significativamente ($p < 0,05$) entre si. Para os parâmetros "firmeza" e "resistência à ruptura", como pode ser observado na Figura IV.37a, nas amostras à 0,75% de concentração total a variação de valores com o aumento da porcentagem de goma garrofin + guar não é significativa. Entre as amostras à 0,5% verifica-se um ponto máximo para 40% de substituição, embora seus valores não difiram significativamente da amostra com 20%, no caso de "firmeza", e da com 60% no caso de "resistência à ruptura". Finalmente, para o parâmetro "deformação antes de romper", nas amostras à 0,75% de concentração total também não existe diferença significativa entre as porcentagens de substituição de goma (20, 40 e 60%). À 0,5% observa-se um aumento significativo com valores máximos para 40 e 60% goma garrofin. Ainda com relação a este parâmetro destaca-se que a amostra 60% goma garrofin + guar é comparável à maioria das amostras com goma garrofin.

Outro aspecto interessante na comparação entre todas as amostras com relação aos seus valores para os atributos sensoriais selecionados (Figuras IV.35, IV.36 e IV.37), é destacar as que apresentam valores extremos (máximos e mínimos). A amostra de 0,5% k-carragenato sem adição de goma é a que apresenta os valores mais altos para "tipo de ruptura" e "superfície da zona cortada", ou seja, a que mais se aproxima do extremo "cristalina" destes parâmetros. O outro extremo destes mesmos atributos ("amorfa"), está representado pelas amostras com 40 e 60% goma garrofin à 0,75% de concentração total. Para outros parâmetros ("tipo de corte", "deformação antes de romper", "firmeza", "resistência à ruptura", "resistência inicial ao corte" e "deformação antes de cortar") as amostras acima citadas também se encontram entre as que mais se aproximam dos extremos das escalas, mas nestes casos, a amostra de 0,5% k-carragenato está entre os valores mínimos e as amostras com 40 e 60% goma garrofin à 0,75% entre os valores máximos. Portanto, pode-se concluir que, com a amostra de 0,5% k-carragenato por um lado e com as amostras com 40 e 60% goma garrofin à 0,75% por outro, obtêm-se os extremos de textura não oral para o grupo de géis analisados neste trabalho.

IV.3 - CORRELAÇÃO ENTRE AS MEDIDAS DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E SENSORIAIS DA TEXTURA DOS GÉIS MISTOS DE K-CARRAGENATO - GOMA GARROFIM E GOMA GUAR

De acordo com os resultados do item IV.1.1.2 foram selecionados oito parâmetros que descrevem as mudanças nas propriedades mecânicas dos géis analisados. Paralelamente, de acordo com os resultados do item IV.2.1.2 foram selecionados dez parâmetros que descrevem as mudanças na textura não oral dos géis. Para finalizar o estudo destes parâmetros, foi analisada a relação existente entre ambos os tipos de medida. Em primeiro lugar, estudou-se a relação entre a informação que proporciona cada conjunto de medidas, de uma maneira global, para depois encontrar equações que relacionem as variações sensoriais com as mecânicas.

IV.3.1 - Variação das Propriedades Mecânicas e da Textura Não-Oral dos Géis por Análise de Escalas Multidimensionais

A análise de proximidades pode ser um caminho válido para definir um mapa que reflita as diferenças globais entre as propriedades mecânicas e entre a textura não oral dos géis analisados. O objetivo da análise de escalas multidimensionais ("multidimensional scaling analysis"-MDS) é gerar um mapa de uma dimensionalidade específica, em que as distâncias entre as amostras representam o melhor possível as proximidades reais entre elas e que, ao mesmo tempo, seja facilmente interpretável (Bieber e Smith, 1986). Esta interpretação nem sempre é fácil de conseguir, já que numa solução deste tipo fica sem definir a natureza da similaridade ou dissimilaridade entre as amostras (Vélez et alii, 1988).

Para os cálculos da análise MDS foram utilizados os valores de 14 amostras de géis de k-carragenato com substituições por goma garrofin e pela mistura de gomas garrofin e guar a duas concentrações totais, de 0,5 e 0,75%. Os valores médios obtidos da avaliação sensorial podem ser observados nas Tabelas IV.20 e IV.21 e os valores das propriedades mecânicas selecionadas (Tabelas IV.1, IV.2 e IV.3) para estas mesmas amostras estão apresentados na Tabela IV.26. Inicialmente, a partir dos valores destes dois grupos de medidas, foram obtidas matrizes de distâncias entre as 14 amostras com relação a suas propriedades mecânicas (Tabela IV.27) e sensoriais (Tabela IV.28). A estes dados de distância foi aplicada a análise MDS, que permite obter, para as amostras selecionadas, uma série de pontos num espaço multidimensional onde cada ponto representa uma amostra. As distâncias entre as amostras indicam as similaridades ou diferenças que existem entre elas (Vélez et alii, 1988).

Na Figura IV.38, está representado o mapa obtido para as amostras em função das diferenças nas propriedades mecânicas. Como pode ser observado, as duas primeiras coordenadas explicam uma elevada porcentagem da variabilidade das amostras (90%). Portanto, um aumento do número de dimensões deste mapa levará a um aumento pequeno da porcentagem de explicação da variabilidade destas amostras. Além disso, há também uma restrição formal no número de dimensões independentes que podem ser corretamente identificadas, em função da quantidade de amostras avaliadas, pois é necessário um número determinado destas para poder identificar uma dimensão (Schiffman et alii, 1981).

Neste caso, levando em conta a alta porcentagem de explicação atingida com as duas primeiras coordenadas e o número de amos

Tabela IV.26 - Valores de parâmetros mecânicos selecionados⁽¹⁾

AMOSTRAS		PENETRAÇÃO			CORTE COM LÂMINA			COMPRESSÃO		
		Elasticidade (N/cm)	F _{cone} (N)	F _{patamar} (N)	Coesividade (cm)	F _{máx} (N)	E ₁ (x10 ⁻² N/mm ²)	E ₂ (x10 ⁻² N/mm ²)	Deformação (%)	
Conc.	%									
Total	Goma									
1	0	62,27	0,741	0,051	1,39	6,12	2,561	5,965		45,95
2	20% G	59,05	0,968	0,051	1,18	6,89	4,638	7,679		44,70
3	40% G	7,77	1,057	0,083	1,31	12,04	5,755	8,440		54,74
4	60% G	4,45	1,267	0,145	1,48	13,00	4,444	6,173		61,79
5	20% GG	21,71	0,367	0,035	0,62	3,87	3,395	6,159		37,32
6	40% GG	23,97	0,964	0,040	0,77	4,70	4,116	6,290		40,64
7	60% GG	2,67	0,832	0,061	0,77	5,76	3,820	5,351		48,01
8	0	43,43	0,953	0,059	1,45	12,41	4,629	9,933		49,01
9	20% G	38,81	1,328	0,081	1,15	13,90	6,830	11,93		49,99
10	40% G	5,48	1,933	0,167	1,51	22,55	8,010	12,28		60,10
11	60% G	3,98	2,131	0,301	1,63	24,13	6,524	9,303		65,28
12	20% GG	40,39	1,056	0,055	0,84	7,90	5,195	10,00		41,98
13	40% GG	14,48	1,063	0,060	1,12	8,39	5,885	9,419		45,10
14	60% GG	2,06	1,338	0,113	1,05	9,62	5,612	8,234		50,77

(1) Valores médios de quatro determinações

G = goma garrofin

GG = goma guar

Tabela IV.27 - Matriz de distâncias entre as amostras de géis de hidrocolóides com relação ao comportamento mecânico (1)

0,5%														0,75%										
Amostras	GOMA GARROFIM						GOMA GARROFIM + GUAR						GOMA GARROFIM						GOMA GARROFIM + GUAR					
	0%						0%						0%						0%					
	20%	40%	60%	20%	40%	60%	20%	40%	60%	20%	40%	60%	20%	40%	60%	20%	40%	60%	20%	40%	60%			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14											
0																								
0,51	0																							
1,90	1,68	0																						
2,11	1,98	0,68	0																					
1,46	1,39	1,31	1,69	0																				
1,33	1,16	1,06	1,45	0,52	0																			
1,92	1,80	0,88	1,16	0,79	0,72	0																		
0,98	0,73	1,16	1,50	1,37	1,12	1,56	0																	
1,50	1,11	1,09	1,46	1,63	1,30	1,66	0,65	0																
2,84	2,55	1,43	1,33	2,65	2,33	2,20	1,97	1,55	0															
3,40	3,21	2,26	1,79	3,33	3,05	2,86	2,74	2,43	1,23	0														
1,08	0,70	1,19	1,61	1,04	0,74	1,32	0,64	0,73	2,13	2,91	0													
1,68	1,41	0,48	1,07	1,02	0,72	0,80	1,01	0,97	1,73	2,59	0,84	0												
2,11	1,88	0,48	0,64	1,41	1,13	0,84	1,46	1,30	1,42	2,12	1,34	0,66	0											

(1) Valores médios de quatro determinações para cada um dos oito parâmetros mecânicos

Tabela IV.28 - Matriz de distâncias entre as amostras de géis de hidrocolóides com relação à
textura não oral (1)

		0,5%						0,75%						
Amostras	0%	GOMA GARROFIM			GOMA GARROFIM + GUAR			0%	GOMA GARROFIM			GOMA GARROFIM + GUAR		
		20%	40%	60%	20%	40%	60%		20%	40%	60%	20%	40%	60%
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	0													
2	6,19	0												
3	12,62	7,31	0											
4	13,68	8,81	3,94	0										
5	2,87	5,45	12,31	13,16	0									
6	5,69	3,28	9,74	10,37	3,92	0								
7	9,51	5,13	6,32	6,34	8,27	5,90	0							
8	6,87	6,15	8,88	11,27	8,20	8,44	9,43	0						
9	12,30	7,13	2,78	6,36	12,17	9,96	7,41	7,82	0					
10	18,25	13,04	6,55	7,71	18,19	15,57	12,44	13,36	6,69	0				
11	19,04	13,76	7,14	7,75	18,90	16,15	12,83	14,48	7,58	2,24	0			
12	6,41	3,94	8,20	9,66	5,88	5,53	5,50	6,08	7,53	13,74	14,39	0		
13	8,64	3,95	7,05	7,64	7,09	4,58	3,00	8,79	7,36	12,81	13,25	4,10	0	
14	12,39	7,07	4,67	4,10	11,28	8,37	3,84	10,92	6,12	9,66	9,78	7,49	4,68	0

(1) Valores médios de sete provadores para cada um dos dez atributos avaliados

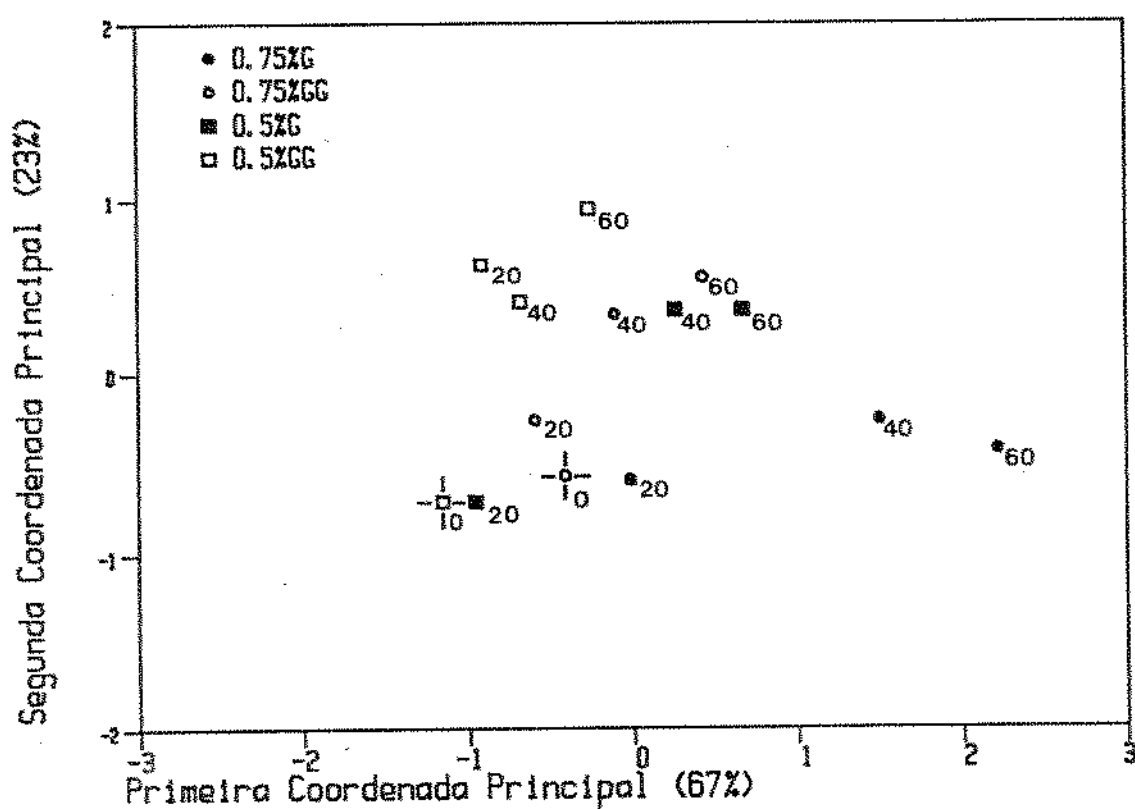


Figura IV.38 - Representação das diferenças, em função das duas primeiras coordenadas obtidas por MDS, entre o comportamento mecânico de géis de k-carragenato a duas concentrações totais, de 0,5% e 0,75%, com substituições por 0% a 60% goma garrofin (G) e de mistura de gomas garrofin + guar (GG).

tras analisadas (14), considera-se que a distorção do mapa bidimensional com respeito à distribuição de diferenças reais é pequena e que se pode identificar razoavelmente as duas dimensões. Portanto, a solução bidimensional parece ser satisfatória.

Analisando-se o mapa referente às propriedades mecânicas (Figura IV.38), verifica-se que, de modo geral, as amostras distribuem-se muito próximas umas das outras, observando-se porém, a formação de grupos. O maior deles está formado por todas as amostras que apresentaram valores positivos para a coordenada 2, outro constitui-se das amostras com valores negativos para as duas coordenadas principais (as duas amostras sem adição de goma e três das amostras com 20% goma), e um terceiro grupo formado pelas amostras com 40 e 60% goma garrofim a 0,75% de concentração total, que são as que mais se distanciaram das outras, apresentando os valores mais altos para a coordenada 1. As amostras de concentração total 0,5% sem adição de goma e com 20% goma garrofim são as que ficaram mais próximas entre si, ao mesmo tempo que também se destacam do resto do grupo por apresentar os valores mais baixos para as duas coordenadas principais.

Comparando-se os dois tipos de goma (garrofim e a mistura de gomas garrofim + guar), nas mesmas porcentagens de substituição, as amostras com a mistura de goma, tanto a 0,5% como a 0,75% de concentração total, apresentam valores mais baixos para a coordenada 1 e mais altos para a coordenada 2, de modo que se localizam bastante agrupadas e, em sua maioria, (quatro das seis), no mesmo quadrante.

Com relação às porcentagens de goma substituída, ao considerar o mesmo tipo de goma e a mesma concentração total, observou-se que o aumento desta porcentagem está relacionado com um aumento do valor da coordenada 1. No caso de 0,5% de concentração

total, a amostra sem substituição por goma apresentou valores mais baixos que as substituídas com 20%, mas para 0,75% de concentração total, a amostra constituída somente por k-carragenato apresentou valor da coordenada 1 mais alto que a amostra com 20% goma garrofim. A informação obtida aqui sobre a porcentagem de substituição por goma pode ser associada à observada na representação canônica do estudo da MANOVA para os atributos mecânicos, no item IV.1.2.1. (Figura IV.9), em que se verificou um aumento da variável canônica 1, segundo o aumento da porcentagem de goma substituída.

Ao comparar as duas concentrações totais (0,5 e 0,75%), verificou-se que as amostras de concentração total mais alta substituídas com goma garrofim separaram-se claramente das de concentração total mais baixa substituídas com a mistura de goma garrofim + guar. Porém se apresentou uma zona intermediária em que se encontraram tanto amostras a 0,75% com a mistura de gomas como a 0,5% com goma garrofim. Desta forma, as amostras com 40 e 60% goma garrofim a 0,5% e a amostra com 60% mistura de gomas garrofim + guar a 0,75% localizam-se muito próximas.

De maneira similar, também no mapa obtido para as diferenças na textura não oral, as duas primeiras coordenadas principais explicam 92% da variabilidade das amostras (Figura IV.39) e as discussões são também baseadas no mapa bidimensional. Porém, neste caso, as amostras apresentaram-se muito mais distanciadas com relação à coordenada 1. Aqui também as amostras com 40 e 60% goma garrofim a 0,75% de concentração total destacam-se do grupo, apresentando os valores mais altos de coordenada 1 e, por outro lado, localizam-se razoavelmente próximas entre si. No outro extremo do eixo da primeira coordenada principal, com os valores mais baixos, encontram-se as amostras sem adição de goma e com 20%

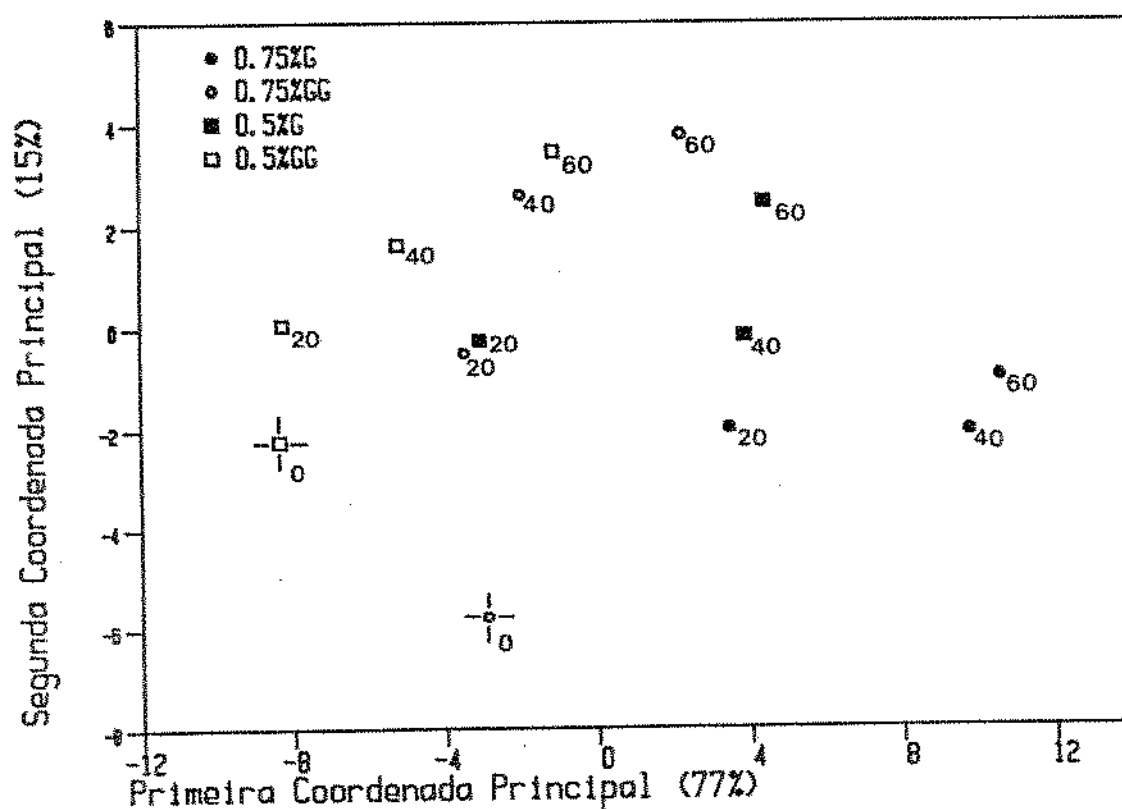


Figura IV.39 - Representação das diferenças, em função das duas primeiras coordenadas obtidas por MDS, entre as características de textura não oral de géis de k-carragenato a duas concentrações totais, de 0,5% e 0,75%, com substituições por 0% a 60% goma garrofin (G) e de mistura de gomas garrofin + guar (GG).

da mistura de gomas a 0,5% de concentração total. Outra amostra que também se destacou do grupo foi a constituída por 0,75% k-carra-genato, que é a que se encontra mais isolada de todas, apresentando os valores mais baixos para a coordenada 2. A amostra de 20% goma garrofin a 0,5% de concentração total e a de 20% da mistura de gomas a 0,75% de concentração total formam o par das amostras que mais se aproximam entre si, de todo este mapa.

Analisando-se o mapa (Figura IV.39) quanto ao tipo de goma, verificou-se, de forma similar ao que ocorre com o mapa para as diferenças mecânicas (Figura IV.38), que a maioria das amostras substituídas com a mistura de gomas encontrou-se no mesmo quadrante. Assim como se observou anteriormente no estudo da MANOVA para textura não oral (Figura IV.34), as amostras sem adição de goma, tanto a 0,5% como a 0,75% de concentração total, localizaram-se mais próximas das amostras substituídas com a mistura de gomas que das substituídas com goma garrofin. Isso indica que a substituição por goma garrofin provoca muito maior variação na textura não oral dos géis.

Com relação a porcentagem de goma, aqui também se observa um comportamento similar ao mapa anterior (Figura IV.38), ou seja, ao incrementar esta porcentagem, considerando-se o mesmo tipo de goma, apresentaram-se valores mais altos para a coordenada 1. Porém os valores para as amostras sem adição de goma são equiparáveis aos das amostras com 20% da mistura de gomas, para as duas concentrações totais.

Comparando-se as amostras quanto as concentrações totais (0,5 e 0,75%), assim como ocorreu no mapa anterior (Figura IV.38), as que se separam mais claramente foram as substituídas com goma garrofin a 0,75% de concentração total das com a mistura de gomas a 0,5%, ou seja, para a separação das amostras parece ser mais im-

portante o tipo de goma substituída que a concentração total de hidrocolóides.

Além das comparações já comentadas anteriormente entre os mapas para diferenças mecânicas (Figura IV.38) e sensoriais (Figura IV.39), merece ser destacado o isolamento muito maior para as amostras sem substituição por goma, observado para os atributos sensoriais. Isso pode levar à conclusão de que existem atributos de textura não oral em que estas amostras diferenciam-se mais das outras e que não são estimados no conjunto de propriedades mecânicas medidas. Não obstante, de um modo geral, as distribuições das amostras nos dois mapas podem ser consideradas bastante similares.

Depois desta comparação visual entre os mapas de distâncias entre as amostras, foi realizado um estudo de correlação entre os dois conjuntos de distâncias. O coeficiente de correlação encontrado foi bastante elevado ($r = 0,7956$). Esta alta correlação vem confirmar a similaridade observada anteriormente entre os mapas.

De tudo isto, pode-se concluir que globalmente os parâmetros mecânicos selecionados podem predizer de uma maneira satisfatória as variações de textura não oral dos géis analisados sensorialmente.

IV.3.2 - Relação entre as Propriedades Mecânicas e os Distintos Atributos Sensoriais de Textura Não Oral dos Géis

É de grande interesse a informação sobre a relação entre as propriedades mecânicas e os atributos sensoriais, de uma forma conjunta, como a que foi estudada no item anterior (IV.3.1.). No entanto, do ponto de vista prático da aplicabilidade desta informação no controle de qualidade de géis, é importante conhecer os parâmetros que predizem as características de textura com medidas objetivas. Para isto, foi realizado um estudo de regressão múltipla entre cada atributo sensorial e os parâmetros mecânicos. As equações obtidas estão apresentadas na Tabela IV.29.

Como pode ser observado, para todos os atributos de textura não oral foi possível encontrar equações em função de parâmetros mecânicos que apresentassem elevados valores de coeficiente de determinação (R^2). A exceção da "firmeza" para a qual o coeficiente é de 0,8978, para todos os outros atributos os valores são maiores que 0,95. Isso indica que em todos os casos, os ajustes das equações são altamente satisfatórios. A equação obtida para "firmeza" também se diferencia das outras pelo número de parâmetros mecânicos incluídos (somente dois). Outro aspecto interessante ao comparar todas as equações é a similaridade existente entre as obtidas para "tipo de corte" e "superfície da zona cortada". Nos dois casos, os valores de coeficiente são aproximadamente 0,99 (maiores que todos os outros) e os parâmetros mecânicos incluídos são os mesmos, embora sempre com coeficientes de sinal contrário.

Visando ainda uma maior aplicabilidade da informação fornecida pelos dados experimentais deste trabalho, são apresentadas a seguir, as equações obtidas para cada atributo sensorial incluín-

Tabela IV.29 - Equações obtidas no estudo de regressão múltipla para cada parâmetro sensorial em função dos parâmetros mecânicos

Elasticidade = $4,036 - 0,03016 X_1 - 2,516 X_2 + 1,431 X_3 + 0,3941 X_4$	$(R^2 = 0,9616)$
Deformabilidade = $2,991 - 0,01269 X_1 - 13,99 X_5 + 1,045 X_2 - 0,7068 X_3 + 0,1082 X_4$	$(R^2 = 0,9507)$
Deformação antes de romper = $-15,35 - 3,896 X_6 - 0,6202 X_2 + 0,7219 X_3 - 0,2301 X_7 + 0,5038 X_4$	$(R^2 = 0,9761)$
Firmeza = $-1,686 + 0,5364 X_3 + 0,1660 X_7$	$(R^2 = 0,8978)$
Resistência à ruptura = $-7,721 + 0,0306 X_1 - 2,447 X_6 - 3,206 X_8 + 0,7335 X_2 + 0,3618 X_7 + 0,2038 X_4$	$(R^2 = 0,9795)$
Tipo de ruptura = $24,78 - 22,15 X_5 + 3,211 X_6 - 1,699 X_2 + 0,6299 X_7 - 0,4017 X_4$	$(R^2 = 0,9731)$
Resistência inicial ao corte = $1,200 - 15,35 X_5 + 0,7212 X_2 - 0,6727 X_3 + 0,5766 X_7$	$(R^2 = 0,9709)$
Deformação antes de cortar = $0,7641 + 0,02339 X_1 - 15,55 X_5 + 1,207 X_2 - 1,016 X_3 + 0,5521 X_7$	$(R^2 = 0,9807)$
Tipo de corte = $-8,385 + 13,05 X_5 - 1,804 X_6 + 0,8177 X_2 - 0,1833 X_7 + 0,2100 X_4$	$(R^2 = 0,9877)$
Superfície da zona cortada = $22,28 - 23,23 X_5 + 2,848 X_6 - 1,709 X_2 + 0,5732 X_7 - 0,3247 X_4$	$(R^2 = 0,9932)$

onde, X_1 = elasticidade (N/cm), medida por penetração com cilindro

X_2 = módulo de elasticidade 1 (E_1) ($\times 10^{-2}$ N/mm²), medido entre 10 e 20% de compressão

X_3 = módulo de elasticidade 2 (E_2) ($\times 10^{-2}$ N/mm²), medido entre 20 e 30% de compressão

X_4 = deformação (%) até a ruptura sob compressão

X_5 = força de patamar (F_{patamar}) (N), medida por corte com lâmina

X_6 = coesividade (cm), medida por corte com lâmina

X_7 = força máxima ($F_{\text{máx}}$) (N) de compressão

X_8 = força (F_{cone}) (N), medida a 2 cm de penetração com cone

R^2 = coeficiente de determinação.

do-se somente um parâmetro mecânico, pois pode ser interessante em certos casos prever um atributo medindo somente uma propriedade mecânica. Foi aplicado o estudo de regressão simples entre o atributo sensorial e a propriedade mecânica que apresentou melhor correlação (Tabela IV.30). As equações estão apresentadas na Tabela IV.31.

Observando-se estas equações, verifica-se que, para a maioria dos atributos sensoriais, com uma só variável mecânica pode-se explicar uma alta porcentagem da variabilidade, superior a 50%, exceto para "elasticidade" ($r^2 = 0,3229$). É interessante notar que o parâmetro mecânico que mais se correlaciona com o atributo sensorial "elasticidade" é o parâmetro elasticidade, obtido nos ensaios de penetração com cilindro.

O mesmo parâmetro mecânico utilizado nesta equação (elasticidade) também é utilizado na equação de outros atributos sensoriais: "deformabilidade" ($r^2 = 0,5836$), "tipo de ruptura" ($r^2 = 0,6577$) e "superfície da zona cortada" ($r^2 = 0,6092$). Estas quatro equações em que se utiliza a propriedade mecânica elasticidade, são justamente as que apresentam os menores valores de coeficiente de determinação. Embora a medida desta característica mecânica não seja altamente correlacionada com nenhum atributo sensorial, soluciona o problema de alguns deles que não podem ser preditos de outra forma melhor.

Por outro lado, nas três equações de maiores valores de coeficiente de determinação aparece o mesmo parâmetro mecânico $F_{m\acute{a}x}$, para "resistência à ruptura", ($r^2 = 0,9193$), "resistência inicial ao corte" ($r^2 = 0,9274$) e "deformação antes de cortar" ($r^2 = 0,9074$). Esta alta correlação de $F_{m\acute{a}x}$ com os dois primeiros destes três atributos sensoriais é facilmente compreensível, já que ambos se referem à "resistência" a uma força aplicada (de rup

Tabela IV.30 - Matriz de coeficientes de correlação entre os dez parâmetros sensoriais e os oito parâmetros mecânicos

Parâmetros Sensoriais	Parâmetros Mecânicos							
	Elasticidade	F _{patamar}	Coesividade	F _{cone}	E ₁	E ₂	F _{máx}	Deformação
Elasticidade	<u>0,568</u>	-0,403	0,001	-0,435	-0,377	0,082	-0,225	-0,349
Deformabilidade	<u>-0,764</u>	0,260	0,067	0,231	0,188	-0,254	0,162	0,476
Deformação antes de romper	-0,594	0,758	0,644	0,752	0,603	0,355	0,794	<u>0,933</u>
Firmeza	-0,145	0,565	0,577	0,761	0,863	<u>0,875</u>	0,848	0,612
Resistência à ruptura	-0,348	0,770	0,730	0,849	0,820	0,711	<u>0,959</u>	0,842
Tipo de ruptura	<u>0,811</u>	-0,688	-0,288	-0,742	-0,683	-0,282	-0,607	-0,719
Resistência inicial ao corte	-0,459	0,854	0,776	0,907	0,763	0,555	<u>0,963</u>	0,920
Deformação antes de cortar	-0,429	0,856	0,750	0,895	0,734	0,515	<u>0,953</u>	0,914
Tipo de corte	-0,669	0,869	0,546	<u>0,910</u>	0,775	0,443	0,850	0,884
Superfície da zona cortada	<u>0,780</u>	-0,700	-0,277	-0,773	-0,739	-0,349	-0,633	-0,703

Tabela IV.31 - Equações obtidas no estudo de regressão simples para cada parâmetro sensorial em função do parâmetro mecânico com o que mais se correlaciona

Elasticidade = 3,669 + 0,0321 Elasticidade (r² = 0,3229)
Deformabilidade = 7,117 - 0,0396 Elasticidade (r² = 0,5836)
Deformação antes de romper = -5,803 + 0,2283 Deformação (r² = 0,8701)
Firmeza = -2,417 + 0,838 E ₂ (r² = 0,7653)
Resistência à ruptura = 0,1505 + 0,3808 F _{máx} (r² = 0,9193)
Tipo de ruptura = 2,348 + 0,0972 Elasticidade (r² = 0,6577)
Resistência inicial ao corte = -0,2227 + 0,3957 F _{máx} (r² = 0,9274)
Deformação antes de cortar = -0,2630 + 0,3473 F _{máx} (r² = 0,9074)
Tipo de corte = -0,9379 + 4,186 F _{cone} (r² = 0,8278)
Superfície da zona cortada = 2,714 + 0,0876 Elasticidade (r² = 0,6092)

r² = coeficiente de determinação

tura com os dedos e de corte com faca).

Okamoto et alii (1973), que avaliaram géis de gelatina por compressão com espátula, encontraram uma alta correlação entre "dureza" e o parâmetro mecânico módulo de elasticidade de Young. Estes resultados concordam com os encontrados neste trabalho, em que se observa que o parâmetro mecânico que mais se correlaciona à "firmeza" é o módulo de elasticidade E_2 .

Daget e Collyer (1984) encontraram uma alta correlação entre as medidas de elasticidade ("springy") avaliada por corte com colher e as medidas de coesividade, obtidas nos ensaios de penetração com cilindro. Entre os parâmetros mecânicos estudados também se encontrava a elasticidade medida por penetração com cilindro, que, ao contrário do que ocorreu no presente trabalho, apresentou medidas de menor correlação com as de elasticidade medida sensorialmente.

Muñoz et alii (1986b) avaliaram géis de gelatina, alginato e k-carragenato. Entre os atributos de textura utilizados, dois eram não-orais: firmeza medida por corte com faca e firmeza medida por compressão. No estudo de correlação entre estas medidas e as instrumentais obtidas por compressão e por corte com faca, foi encontrado que as medidas de firmeza por compressão apresentaram correlação significativa ($p < 0,05$) somente com o parâmetro mecânico força de ruptura da superfície do gel por corte. Isso não pode ser interpretado como resultados que discordam dos encontrados no presente trabalho, pois os parâmetros de compressão estudados por estes autores não incluíam o módulo de elasticidade.

Como conclusão geral, comparando os dois grupos de equações (Tabelas IV.29 e IV.31), pode-se dizer que, em muitos casos, é vantajoso o uso de equações com um só parâmetro mecânico para

predizer a característica sensorial, pois o coeficiente de determinação não é muito inferior ao obtido utilizando-se vários parâmetros.

V - CONCLUSÕES

Dos resultados obtidos neste trabalho podem ser extraídas distintas conclusões. Com respeito às características mecânicas dos géis analisados (géis mistos de k-carragenato, goma garrofin e goma guar) conclui-se que:

1 - As medidas obtidas nos ensaios de compressão, utilizando do Instron UTM, foram muito mais precisas que as obtidas nos ensaios de penetração e de corte, realizados com o texturômetro Stevens LFRA. A influência do tipo de amostra na precisão das medidas pode ser considerada praticamente nula, já que a mesma amostra apresentou alto coeficiente de variação para um parâmetro e baixo para outro, geralmente de forma aleatória (Figuras IV.2, IV.4 e IV.5).

2 - Há uma elevada correlação entre alguns dos parâmetros mecânicos determinados (Tabela IV.4). Do estudo de correlação e análise de agrupamento ("cluster") conclui-se que com somente oito dos parâmetros (Tabela IV.5) pode ser obtida uma informação equivalente a que se obteria com os 18 parâmetros iniciais.

3 - Ao analisar a influência da composição dos géis no comportamento mecânico global dos mesmos, definido pelos oito parâmetros selecionados, mediante uma análise de variância multivariada (MANOVA), conclui-se que pequenas modificações de composição dão lugar a variações significativas no comportamento mecânico. Existe um efeito significativo ($p < 0,05$) do tipo de goma (garrofin ou garrofin + guar) (Figura IV.7) e da porcentagem de goma (Figura IV.8), assim como da interação entre ambos (Figura IV.9).

4 - Com relação à influência da composição dos géis em cada parâmetro mecânico individual, conclui-se que, em todos eles, há efeito significativo ($p > 0,05$) do tipo de goma, porcentagem de goma e da interação entre ambos, exceto elasticidade em que, para os géis a 0,75% de concentração total, não são significativos os efeitos do tipo de goma e da interação tipo-porcentagem de goma (Tabelas IV.6 e IV.7).

5 - Da análise individual da evolução de cada parâmetro mecânico com a composição (Figuras IV.10 e IV.17), conclui-se que:

a) As amostras a 0,75% de concentração total, para a maioria dos parâmetros, apresentaram valores mais altos que as amostras a 0,5%. E, dentro de cada grupo de concentração total (0,5 a 0,75%), as amostras substituídas com goma garrofin apresentaram valores mais altos que as com goma garrofin + guar. O único parâmetro em que não se verificou este comportamento foi a elasticidade.

b) Com o aumento da substituição de goma, as amostras com goma garrofin apresentaram, na maioria dos casos, uma maior variação de resultados dos parâmetros mecânicos que as com goma garrofin + guar, com valores máximos ao redor de 50% goma ou mais em cinco dos oito parâmetros selecionados.

c) As substituições de goma nos géis de k-carragenato podem provocar, nos parâmetros F_{cone} , E_2 , $F_{máx}$ (compressão) e deformação, uma diminuição inicial e um aumento posterior dos respectivos valores medidos; nos parâmetros elasticidade e coesividade (corte com lâmina) somente uma diminuição e nos parâmetros $F_{patamar}$ (corte com lâmina) e E_1 somente um aumento de valores.

Da análise da textura não-oral dos géis estudados, extrai-se as seguintes conclusões:

6 - O método rede ("grid") foi adequado para gerar uma lista inicial de termos utilizável para descrever as diferenças perceptíveis entre as amostras avaliadas. Sua aplicação deu lugar a 80 descritores (Tabela IV.8), que foram reduzidos a 20 (Tabela IV.9), por meio de discussão com os provadores.

7 - A análise comparativa do poder discriminatório dos 20 termos, mediante análise discriminante por passos, permitiu selecionar dez deles como suficientes para avaliar as diferenças de textura não oral entre os géis estudados (Figura IV.23).

8 - Foi definida uma metodologia que inclui três etapas: (1ª) pressionar com os dedos sem romper (2 parâmetros); (2ª) romper com os dedos (4 parâmetros) e (3ª) cortar com faca (4 parâmetros) (Figura IV.24).

9 - A concordância com a equipe, avaliada por meio da MANOVA, foi o critério mais adequado para a seleção dos provadores neste estudo (Tabela IV.19).

10 - Mediante uma MANOVA, conclui-se que as modificações de composição provocaram variações na textura não oral dos géis, com efeito significativo ($p < 0,05$) do tipo de goma (Figura IV.31), da porcentagem de goma (Figura IV.32) e da interação entre ambos (Figura IV.34).

11 - Ao analisar através de ANOVA a influência da composição dos géis em cada atributo individualmente, conclui-se que existe efeito significativo ($p < 0,05$) do tipo de goma em oito dos atributos, sendo não significativo para elasticidade e deformabilidade. O efeito da porcentagem de goma foi significativo ($p < 0,05$) em todos os atributos para os géis a 0,5% de concentração total, porém, para os géis a 0,75%, foi significativo somente para sete deles. O efeito da interação tipo-porcentagem de goma foi significativo ($p < 0,05$) em cinco dos atributos (deformação antes de romper, firmeza, resistência à ruptura, resistência inicial ao corte e deformação antes de cortar), e, com relação às amostras a 0,75%, foi significativo também para tipo de corte (Tabelas IV.24 e IV.25).

12 - Analisando-se individualmente a evolução de cada atributo com a composição dos géis (Figura IV.35 a IV.37), pode-se concluir que:

a) Para a maioria dos parâmetros (tipo de corte, deformação antes de romper, firmeza, resistência à ruptura, resistência inicial ao corte e deformação antes de cortar), as amostras a 0,75% de concentração total apresentaram, de modo geral, valores mais elevados que as amostras a 0,5%, e as amostras com goma garrofim apresentaram valores mais elevados que as amostras com goma garrofim + guar, de forma similar a que ocorreu com os parâmetros mecânicos. Enquanto que os atributos tipo de ruptura e superfície da zona cortada apresentaram um comportamento inverso a este, nos atributos elasticidade e deformabilidade os valores praticamente não apresentaram variações em função da concentração total de hidrocolóides e do tipo de goma.

b) Para os atributos mais relacionados à aplicação de força à amostra (deformação antes de romper, firmeza, resistência à ruptura, resistência inicial ao corte e deformação antes de cortar), foi observada muito maior variação dos valores obtidos para as amostras com goma garrofinim que para as amostras com goma garrofinim + guar, sendo que na maioria dos casos, os valores máximos dos atributos foram para as amostras com 40% de goma garrofinim.

c) As amostras que representam os extremos de textura não oral para o grupo de géis analisados são a de 0,5% k-carragenato por um lado e as amostras com 40 e 60% goma garrofinim a 0,75% por outro.

Por último, o estudo da correlação entre as medidas dos atributos sensoriais e dos parâmetros mecânicos medidos, indicam que:

13 - As distribuições das amostras nos mapas obtidos, mediante a análise de escalas multidimensionais (MDS), para o comportamento mecânico (Figura IV.38) e para a textura não oral (Figura IV.39) podem ser consideradas bastante similares, sendo que, para a separação das amostras, parece ser mais importante o tipo de goma substituída que a concentração total de hidrocolóides. Estas similaridades são confirmadas pelo estudo da correlação entre os dois conjuntos de distâncias entre as amostras, refletidos em cada mapa, pois o coeficiente de correlação encontrado foi bastante elevado ($r = 0,7956$). Portanto, pode-se concluir que globalmente os parâmetros mecânicos selecionados podem predizer de maneira satisfatória as variações de textura não oral dos géis analisados.

14 - Dos estudos de regressão múltipla para cada atributo em função de todos os parâmetros mecânicos selecionados, foram obtidas equações com distintos números de parâmetros, sendo encontrados em todos os casos altos valores de coeficiente de determinação, acima de 0,90 (Tabela IV.29).

15 - Nos estudos de regressão simples, a maioria das equações encontradas apresentou coeficientes de determinação elevados (sete das dez equações apresentaram $r^2 > 0,65$) (Tabela IV.31). Comparando-se estes resultados com os obtidos nos estudos anteriores, pode-se concluir que, em muitos casos, é vantajoso o uso de equações de um só parâmetro mecânico para predizer a característica sensorial, pois o ajuste não é muito menor que o obtido utilizando-se vários parâmetros.

VI - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOTT, J.A. 1973. Sensory assessment of textural attributes of foods. Em Texture Measurements of Foods. Eds. Kramer, A. e Szczesniak, A.S. D.Reidel Publishing Co. Dordrecht. p. 17-32.

ABU-SHAKRA, A.M. e SHERMAN, P. 1984. Evaluation of bread firmness, by Instron compression tests. Rheologica Acta 23(4):446-450 (c/f. Food Sci. Technol. Abs. 19(1); M-49, 1987).

AMERINE, M.A.; PANGBORN, R.M.; ROESSLER, E.B. 1965. Principles of Sensory Evaluation of Food. Academic Press. New York. 602 p.

ANGALET, S.A. 1986. Evaluation of the Volland-Stevens LFRA texture analyser for measuring the strength of pectin sugar jellies. J. Texture St. 17:87-96.

ASTM - American Society for Testing and Materials. 1981. Guidelines for the selection and training of sensory panel members. ASTM Special Technical Publication N° 758. 35 p.

AUBERT, S.; DUPRAT, F.; SZOT, B. 1984. Direct mechanical measurement of texture of carrot root fibres. Sciences des Aliments 4(4):617-630 (c/f. Food Sci. Technol. Abs., 17(7); J-143, 1985).

BAIDÓN, S.; FISZMAN, S.M.; COSTELL, E.; DURÁN, L. 1987. Sinérisis de los geles de agar y de kappa-carragenato. Influencia de la adición de gomas de garrofin y de guar. Rev. Agroquím. Tecnol. Aliment. 27(4):545-555.

BERRY, B.W. e BLUMER, T.N. 1981. Sensory, physical, and cooking characteristics of bacon processed with varying levels of sodium nitrite and potassium sorbate. J. Food Sci. 46:321-327.

BERRY, B.W. e CIVILLE, G.V. 1986. Development of a texture profile panel for evaluating restructured beef steaks varying in meat particle size. J. Sensory St. 1:15-26.

BIEBER, S.L. e SMITH, D.V. 1986. Multivariate analysis of sensory data: a comparison of methods. Chem. Senses 11(11):19-47.

BOURNE, M.C. 1968. Texture profile of ripening pears. J. Food Sci. 33:223-226.

BOURNE, M.C. 1976. Interpretation of force curves from instrumental texture measurements. Em Rheology and Texture in Food Quality. Eds. de Man, J.M.; Voisey, P.W.; Rasper, V.F.; Stanley, D.W. The AVI Publishing Company, Inc. Westport, USA. p. 244-274.

BOURNE, M.C. 1982. Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement. Academic Press, Inc. New York. 325 p.

BOURNE, M.C. e COMSTOCK, S.H. 1986. Effect of temperature on firmness of thermally processed fruits and vegetables. J. Food Sci. 51:531-533.

BOURNE, M.C.; SANDOVAL, A.M.R.; VILLALOBOS, M.; BUCKLE, T.S. 1975. Training a sensory texture profile panel and development of standard rating scales in Colombia. J. Texture St. 6:43-52.

BOYAR, M.M.; KILCAST, D.; FRY, J.C. 1983. Use of gel-based model food systems in texture measurement. Leatherhead Food R.A.- Technical Notes N° 8. 12 p.

BRADY, P.L. e HUNECKE, M.E. 1985. Correlations of sensory and instrumental evaluations of roast beef texture. J. Food Sci. 50:300-303.

BRADY, P.L. e MAYER, S.M. 1985. Correlations of sensory and instrumental measures of bread texture. Cereal Chemistry 62(1):70-72.

BRANDT, M.A.; SKINNER, E.Z.; COLEMAN, J.A. 1963. Texture profile method. J. Food Sci. 28:404-409.

BRENNAN, J.G. 1984. Texture perception and measurement. Em Sensory Analysis of Foods. Ed. Piggott, J.R. Elsevier Applied Sci. Publ. London. p. 59-91.

BRIEN, C.J.; MAY, P.; MAYO, O. 1987. Analysis of judge performance in wine-quality evaluations. J. Food Sci. 52:1273-1279.

CAIRNS, P.; MORRIS, V.J.; MILES, M.J.; BROWNSEY, G.J. 1986. Comparative studies of the mechanical properties of mixed gels formed by kappa carrageenan and tara gum or carob gum. Food Hydrocolloids 1(1):89-93.

CARDELLO, A.V. e MALLER, O. 1987. Sensory texture analysis. An integrated approach to food engineering. Em Food Texture: Instrumental and Sensory Measurement. Ed. Moskowitz, H.R. Moskowitz/Jacobs, Inc. Valhalla. p. 177-215.

CARDELLO, A.V.; MATAS, A.; SWEENEY, J. 1982. The standard scales of texture: rescaling by magnitude estimation. J. Food Sci. 47:1738-1740, 1742.

CARROLL, V.; MILES, M.J.; MORRIS, V.J. 1984. Synergistic interactions between kappa-carrageenan and locust bean gum. Em Gums and Stabilisers for the Food Industry. 2. Applications of Hydrocolloids. Eds. Phillips, G.O.; Wedlock, D.G.; Williams, P.A. Pergamon Press. Oxford. p. 501-506.

CHRISTENSEN, O. e TRUDSOE, J. 1980. Effect of other hydrocolloids on the texture of kappa carrageenan gels. J. Texture St. 11:137-147.

CIVILLE, G.V. e LAWLESS, H.T. 1986. The importance of language in describing perceptions (as regards the training of sensory panels). J. Sensory St. 1:203-215.

CIVILLE, G.V. e LISKA, I.H. 1975. Modifications and applications to foods of the General Foods Sensory Texture Profile technique. J. Texture St. 6:19-31.

CIVILLE, G.V. e SZCZESNIAK, A.S. 1973. Guidelines to training a texture profile panel. J. Texture St. 4:204-223.

COOPER, H.R. e WATTS, T.A. 1981. Evaluations of textural characteristics produced in Cottage cheese creamed with selected dressings. Canadian Inst. Food Sci. Technol. J. 14(1):29-35.

COOPER, H.R.; HUGHES, I.R.; MATTHEWS, M.E. 1977. Application of "Response Surface Methodology" to the evaluation of whey protein gel systems. New Zealand J. Dairy Sci. Technol. 12:248-252.

COSTELL, E. 1983. El equipo de catadores como instrumento de análisis. Rev. Agroquím. Technol. Aliment. 23(1):1-10.

COSTELL, E. e DURÁN, L. 1975. Medida de la textura de los alimentos. I. Definición del atributo y bases para el desarrollo de los métodos de medida. Rev. Agroquím. Technol. Aliment. 15(2):154-159.

DAGET, N. e COLLYER, S. 1984. Comparison between quantitative descriptive analysis and physical measurements of gel systems and evaluation of the sensorial method. J. Texture St. 15:227-245.

DAVEY, K.R. e JONES, P.N. 1985. Evaluation of a sliding pin consistometer for measurement of the hardness and spreadability of butter and margarine. J. Texture St. 16:75-84.

DIXON, J.W. 1983. BMDP Statistical Software. University of California Press. Berkeley. 733 p.

DURÁN, L. e CALVO, C. 1982. Calidad de alubias blancas en conserva. I. Selección de los parámetros que definen su calidad sensorial. Rev. Agroquím. Technol. Aliment. 22(2):271-281.

DURÁN, L.; COSTELL, E.; FISZMAN, S.M. 1987. Colaborative compression tests on gels. Em Physical Properties of Foods - 2. Eds. Jowitt, R.; Escher, F.; Kent, M.; McKenna, B.; Roques, M. Elsevier Applied Science. London. p. 429-443.

- FISCHMAN, E.I.; SHINHOLSER, K.J.; POWERS, J.J. 1987. Examining methods to test factor patterns for concordance. J. Food Sci. 52:448-450, 454.
- FISZMAN, S.M.; COSTELL, E.; DURÁN, L. 1983a. Medida del comportamiento reológico de los alimentos sólidos. I. Bases teóricas. Rev. Agroquím. Tecnol. Aliment. 23(2):164-172.
- FISZMAN, S.M.; COSTELL, E.; DURÁN, L. 1983b. Medida del comportamiento reológico de los alimentos sólidos. II. Métodos fundamentales. Rev. Agroquím. Tecnol. Aliment. 23(3):303-309.
- FISZMAN, S.M.; COSTELL, E.; DURÁN, L. 1985. Efecto de la concentración y de la adición de iota-carragenato y de goma de garrofin en la resistencia a la compresión de géles de kappa-carragenato. Rev. Agroquím. Tecnol. Aliment. 25(4):591-598.
- FISZMAN, S.M.; BAIDON, S.; COSTELL, E.; DURÁN, L. 1987. Propriedades funcionales de la goma de garrofin. Influencia en la resistencia a la compresión de geles de agar y de kappa-carragenato. Rev. Agroquím. Tecnol. Aliment. 27(4):519-529.
- FORD, A.L.; JONES, P.N.; MACFARLANE, J.T.; SCHMIDT, G.R.; TURNER, R.H. 1978. Binding of meat pieces: objective and subjective assessment of restructured steakettes containing added myosin and/or sarcoplasmic protein. J. Food Sci. 43:815-818.
- FOX, J.B., Jr. 1986. Pin versus disk punch measurements of frankfurter texture. J. Food Sci. 51:298-300.
- FRIEDMAN, H.H.; WHITNEY, J.E.; SZCZESNIAK, A.S. 1963. The texturometer - a new instrument for objective texture measurement. J. Food Sci. 28:390-396.
- FRY, J.C.; WHITE, J.A.; MARRS, W.M. 1981. Preliminary investigations of an interactive alginate/pectin gelling system for low solids jams. Leatherhead Food R.A.-Technical Circular N° 752. 13 p.
- GERDES, D.L.; BURNS, E.E.; HARROW, L.S. 1987. Some effects of gelling agents and sweeteners on high and low sugar content

carbohydrate gels. Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie 20(6):282-286.

GLICKSMAN, M. 1985. Hydrocolloids in fabricated foods. Food Technol. New Zealand 20(10):75-85.

GROSS, M.O.; RAO, V.N.M.; SMIT, C.J.B. 1980. Rheological characterization of low-methoxyl pectin-gel by normal creep and relaxation. J. Texture St. 11:271-290.

HAMANN, D.D. e WEBB, N.B. 1979. Sensory and instrumental evaluation of material properties of fish gels. J. Texture St. 10:117-130.

HELLEMANN, U.; TUORILA, H.; SALOVAARA, H.; TARKKONEN, L. 1987. Sensory profiling and multidimensional scaling of selected Finnish rye breads. International J. Food Sci. Technol. 22(6):693-700.

HENRY, W.F.; KATZ, M.H.; PILGRIM, F.J.; MAY, A.T. 1971. Texture of semi-solid foods: sensory and physical correlates. J. Food Sci. 36:155-161.

JELTEMA, M.A. e SOUTHWICK, E.W. 1986. Evaluation and applications of odor profiling. J. Sensory St. 1:123-136.

KAMEL, B.S.; WACHNIUK, S.; HOOVER, J.R. 1984. Comparison of the Baker compressimeter and the Instron in measuring firmness of bread containing various surfactants. Cereal Food World 29(2):159-161.

KARL, H. e SCHREIBER, W. 1985. Texture analysis of canned fish. J. Texture St. 16:271-280.

KNUDSEN, L.B.; BORRESEN, T.; NIELSEN, J. 1987. Textural parameters in compression testing of a gel made from fresh and frozen fish mince. J. Texture St. 18:261-271.

KOKINI, J.L.; POOLE, M.; MASON, P.; MILLER, S.; STIER, E. 1984. Identification of key textural attributes of fluid and semi-solid foods using regression analysis. J. Food Sci. 49:47-51.

KRAMER, C.Y. 1972. A First Course in Methods of Multivariate Analysis. Blacksburg. 351 p.

LEE, C.M. e PATEL, K.M. 1984. Analysis of juiciness of commercial frankfurters. J. Texture St. 15:67-73.

LEVITT, D.J. 1974. The use of sensory and instrumental assessment of organoleptic characteristics via multivariate statistical methods. J. Texture St. 5:183-200.

LIDSTER, P.D.; TUNG, M.A.; GARLAND, M.R.; PORRITT, S.W. 1979. Texture modifications of processed apple slices by a postharvest heat treatment. J. Food Sci. 44:998-1000, 1007.

LUNDGREN, B.; PANGBORN, R.M.; DAGET, N.; YOSHIDA, M.; LAING, D.G.; McBRIDE, R.L.; GRIFFITHS, N.; HYVONEN, L.; SAUVAGEOT, F.; PAULUS, K.; BARYLKO-PIKIELNA, N. 1986. An interlaboratory study of firmness, aroma and taste of pectin gels. Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie 19(1):66-76.

LYON, B.G. 1987. Development of chicken flavor descriptive attribute terms aided by multivariate statistical procedures. J. Sensory St. 2:55-67.

MALEK, K.M.; MUNROE, J.H.; SCHMITT, D.J.; KORTH, B. 1986. Statistical evaluation of sensory judges. American Society of Brewing Chemists Journal 44(1):23-27.

MARRS, W.M.; PINFOLD, M.J.; WEIR, G.S.D.; WHITE, J.A. 1980. The Stevens-LFRA Texture Analyser. A new instrument for gel testing and for the evaluation of texture. Leatherhead Food R.A.-Technical Circular N°706. 25 p.

McDANIEL, M.; HENDERSON, L.A.; WATSON, B.T., Jr.; HEATHERBELL, D. 1987. Sensory panel training and screening for descriptive analysis of the aroma of Pinot Noir wine fermented by several strains of malolactic bacteria. J. Sensory St. 2:149-167.

MCEWAN, J.A. e THOMSON, D.M.H. 1987a. An investigation of the factors influencing consumer acceptance of chocolate confectionary using the Repertory Grid Method. Em Food

Acceptability. Ed. Thomson, D.M.H. Elsevier Applied Science. London. p. 347-361.

McEWAN, J.A. e THOMSON, D.M.H. 1987b. An application of the Repertory Grid Method to investigate consumer attitudes towards meat. Poster apresentado no Symposium on Food Acceptability, University of Reading, 14-18 de setembro de 1987.

MEDEIROS, L.C.; DUDLEY, C.D.; MEDEIROS, D.M. 1986. Proximate composition and sensory evaluation of a sausage snack ball made from catfish and from pork. J. Food Sci. 51:292-294, 297.

MOHSEENIM, N.N. 1970. Physical Properties of Plant and Animal Materials. Vol. I. Structure, Physical Characteristics and Mechanical Properties. Gordon and Breach Science Publishers. New York. 734 p.

MOSKOWITZ, H.R. 1983. Product Testing and Sensory Evaluation of Foods - Marketing and R & D Approaches. Food & Nutrition Press, Inc. Westport. 605 p.

MOSKOWITZ, H.R.; SEGARS, R.A.; KAPSALIS, J.G.; KLUTER, R.A. 1974. Sensory ratio scales relating hardness and crunchiness to mechanical properties of space cubes. J. Food Sci. 39:200-202.

MPAGANA, M. e HARDY, J. 1986. Effect of salting on some rheological properties of fresh Camembert cheese as measured by uniaxial compression. Milchwissenschaft 41(4):210-213 (c/f. Food Sci. Technol. Abs., 18(11);P-97, 1986).

MUÑOZ, A.M.; PANGBORN, R.M.; NOBLE, A.C. 1986a. Sensory and mechanical attributes of gel texture. I. Effect of gelatin concentration. J. Texture St. 17:1-16.

MUÑOZ, A.M.; PANGBORN, R.M.; NOBLE, A.C. 1986b. Sensory and mechanical attributes of gel texture. II. Gelatin, sodium alginate and kappa-carrageenan gels. J. Texture St. 17:17-36.

- NEY, K.H. 1985. Rheology of foods. Anisotropy in Cheddar cheese. Gordian 85(9):172,174 (c/f. Food Sci. Technol. Abs., 19(1);P-94,1987).
- OAKENFULL, D.G. 1984. Food gels. CSIRO Food Research Quarterly 44(3):49-55.
- OKAMOTO, N.; WADA, T.; TAKAGI, S.; YASUMATSU, K. 1973. Texture of SS cross-linked gelatin gels. Agr. Biol. Chem. 37(11):2501-2504.
- O'MAHONY, M. 1986. Sensory Evaluation of Food: Statistical Methods and Procedures. Marcel Dekker, Inc. New York. 487 p.
- ONAYEMI, O. 1985. Sensory texture profile of African foods made from yam and cassava. J. Texture St. 16:263-269.
- PATERSON, B.C. e PARRISH, F.C., Jr. 1986. A sensory panel and chemical analysis of certain beef chuck muscles. J. Food Sci. 51:876-879, 896.
- PEDERSEN, J.K. 1974. Carrageenan: functional properties and application in food. Cereal Science Today 19(10):471-476.
- PEDERSEN, J.K. 1977. La carragenina en productos cárnicos gelificados. Afinidad 34(351):637-642.
- PEDERSEN, J.K. 1980. Carrageenan, pectin and xanthan/locust bean gum gels. Trends in their food use. Food Chemistry 6:77-88.
- PIGGOTT, J.R. 1986. Statistical Procedures in Food Research. Elsevier Applied Science Publishers LTD. London. 415 p.
- POKORNY, J.; DAVIDEK, J.; DOBIASOVA, S.; STERN, P.; CMOLIK, J. 1984. Comparison of sensory analysis and rotational rheometry in the texture evaluation of margarines. J. Texture St. 15:395-406.
- POVEY, M.J.W. e HARDEN, C.A. 1981. An application of the ultrasonic pulse echo technique to the measurement of crispness of biscuits. J. Food Technol. 16:167-175.

- POWERS,J.J.; CENCIARELLI,S.; SHINHOLSER,K. 1984. El uso de programas estadísticos generales en la evaluación de los resultados sensoriales. Rev. Agroquim. Tecnol. Aliment. 24(4):469-484.
- QUARNABY,A.R. e RATKOWSKY,D.A. 1988. Free-choice flavour and odour profiling of fish spoilage: does it achieve its objective? J. Sci. Food Agriculture 44(1):89-98.
- RASMUSSEN,J. 1974. Gel texture in foods - its relationship to choice of gelling agent, formulae and processing conditions. Dechema Monograph N° 1505-1536 Band 77. Verlag Chemie Weinheim. p. 187-196.
- RESURRECCIÓN,A.V.A. e SHEWFELT,R.L. 1985. Relationships between sensory attributes and objective measurements of postharvest quality of tomatoes. J. Food Sci. 50:1242-1245,1256.
- REY,D.K. e LABUZA,T.P. 1981. Characterization of the effect of solutes on the water-binding and gel strength properties of carrageenan. J. Food Sci. 46:786-789,793.
- ROBERSTON,G.L.; KOOPMANSCHAP,E.A.; SCRIVENS,C.A. 1984. Comparison of instrumental and sensory panel methods for measuring kiwifruit firmness. J. Texture St. 15:275-283.
- ROCHAS,C. e LANDRY,S. 1987. Rheological characterization of kappa-carrageenan gels. Em Gums and Stabilisers for the Food Industry - 4. Eds. Phillips,G.O.; Williams,P.A.; Wedlock,D.J. IRL Press. Oxford. p. 445-451.
- SANTOS GARRUTI,R. dos e BOURNE,M.C. 1985. Effect of storage conditions of dry bean seeds (*Phaseolus vulgaris* L.) on texture profile parameters after cooking. J. Food Sci. 50:1067-1071.
- SCHIFFMAN,S.S.; REYNOLDS,M.L.; YOUNG,F.W. 1981. Introduction to Multidimensional Scaling - Theory, Methods and Applications. Academic Press,Inc. New York. 413 p.

SCHOLTYSSSEK, S. 1985. Methods for tenderness measurements in poultry meat. Em 7th. European Symposium on Poultry Meat Quality. p. 103-109 (c/f. Food Sci. Technol. Abs. 18(9);S-111, 1986).

SHERMAN, P. 1969. A texture profile of foodstuffs based on well-defined rheological properties. J. Food Sci. 34:458-462.

SHINHOLSER, K.; HELLEMANN, U.; SALOVAARA, H.; ELLILA, M.; POWERS, J.J. 1987. Factor patterns yielded by subsets of panelists examining Finnish sour rye bread. J. Sensory St. 2:199-213.

SINGH, Y.; BLAISDELL, J.L.; HERUM, F.L.; STEVENS, K.; CAHILL, V. 1985. Texture profile parameters of cooked frankfurter emulsions as influenced by cooking treatment. J. Texture St. 16:169-177.

STANLEY, D.W. 1986. Chemical and structural determinants of texture of fabricated foods. Food Technol. 40(3):65-68, 76.

STONE, H. e SIDEL, J.L. 1985. Sensory Evaluation Practices. Academic Press, Inc. London. 311 p.

STONE, H.; SIDEL, J.; OLIVER, S.; WOOLSEY, A.; SINGLETON, R.C. 1974. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. Food Technol. 28(1):24, 26, 28-29, 32, 34.

SYARIEF, H.; HAMANN, D.D.; GIESBRECHT, F.G.; YOUNG, C.T.; MONROE, R.J. 1985a. Interdependency and underlying dimensions of sensory textural characteristics of selected foods. J. Texture St. 16:29-52.

SYARIEF, H.; HAMANN, D.D.; GIESBRECHT, F.G.; YOUNG, C.T.; MONROE, R.J. 1985b. Comparison of mean and consensus scores from flavor and texture profile analysis of selected food products. J. Food Sci. 50:647-650, 660.

SZCZESNIAK, A.S. 1963. Classification of textural characteristics. J. Food Sci. 28:385-409.

- SZCZESNIAK, A.S. 1973. Instrumental methods of texture measurements. Em Texture Measurement of Foods. Eds. Kramer, A. e Szczesniak, A.S. Reidel Publishing Co. Dordrecht. p. 71-108.
- SZCZESNIAK, A.S. 1975. General Foods Texture Profile revised - ten years perspective. J. Texture St. 6:5-17.
- SZCZESNIAK, A.S. 1979a. Recent development in solving consumer-oriented texture problems. Food Technol. 33(10):61-66.
- SZCZESNIAK, A.S. 1979b. Classification of mouthfeel characteristics of beverages. Em Food Texture and Rheology. Ed. Sherman, P. Academic Press, Inc. London. p. 1-20.
- SZCZESNIAK, A.S. 1983. Physical properties of foods: what they are and their relation to other food properties. Em Physical Properties of Foods. Eds. Peleg, M. e Bagley, E.B. The AVI Publishing Company, Inc. Westport. 532 p.
- SZCZESNIAK, A.S.; BRANDT, M.A.; FRIEDMAN, H. 1963. Development of standard rating scales for mechanical parameters of texture and correlation between the objective and the sensory methods of texture evaluation. J. Food Sci. 28:397-403.
- SZCZESNIAK, A.S.; LOEW, B.J.; SKINNER, E.Z. 1975. Consumer texture profile technique. J. Food Sci. 40:1253-1256.
- TANAKA, M.; de MAN, J.M.; VOISEY, P.W. 1971. Measurement of textural properties of foods with a constant speed cone penetrometer. J. Texture St. 2:306-315.
- TOLSTOGUZOV, V.B. e BRAUDO, E.E. 1983. Fabricated foodstuffs as multicomponent gels. J. Texture St. 14:183-212.
- TSCHEUSCHNER, H.-D. e MARKOV, E. 1986. Instrumental texture studies on chocolate. I. Methods of measurement and texture characteristics. J. Texture St. 17:37-50.
- VELEZ, C.; COSTELL, E.; IZQUIERDO, L.; DURÁN, L. 1988. Modificación del aroma del zumo de naranja durante el almacenamiento.

Evaluación sensorial mediante análisis de proximidades. Rev. Agroquím. Tecnol. Aliment. 28(3):421-429.

VICKERS,Z.M. 1984. Crackliness: relationships of auditory judgments to tactile judgments and instrumental acoustical measurements. J. Texture St. 15:49-58.

VOISEY,P.W. 1976. Instrumental measurement of food texture. Em Rheology and Texture in Food Quality. Eds. de Man,J.M.; Voisey,P.W.; Rasper,V.F.; Stanley,D.W. The AVI Publishing Company, Inc. Westport. p. 79-141.

VOISEY,P.W. e de MAN,J.M. 1976. Applications of instruments for measuring food texture. Em Rheology and Texture in Food Quality. Eds. de Man,J.M.; Voisey,P.W.; Rasper,V.F.; Stanley,D.W. The AVI Publishing Company, Inc. Westport. p. 142-243.

YOSHIKAWA,S.; NISHIMARU,S.; TASHIRO,T.; YOSHIDA,M. 1970a. Collection and classification of words for description of food texture. I. Collection of words. J. Texture St. 1:437-442.

YOSHIKAWA,S.; NISHIMARU,S.; TASHIRO,T.; YOSHIDA,M. 1970b. Collection and classification of words for description of food texture. II. Texture profiles. J. Texture St. 1:443-451.