



**Francy Goersch Nogueira**

**Padronização e confiabilidade metrológica dos resultados  
de firmeza do cigarro**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Metrologia, Qualidade e Inovação da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Dr. Alcir de Faro Orlando

Rio de Janeiro, setembro de 2005



**Francy Goersch Nogueira**

## **Padronização e confiabilidade metrológica dos resultados de firmeza do cigarro**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Metrologia, Qualidade e Inovação da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Prof. Dr. Alcir de Faro Orlando;**

Orientador

Departamento de Engenharia Mecânica - PUC - RJ

**Prof. Dr. Carlos Valois M. Braga;**

Departamento de Engenharia Mecânica - PUC - RJ

**Prof. Dr. Marcos S. de Paula Gomes;**

Departamento de Engenharia Mecânica - PUC - RJ

**Prof. Dr. Washington Braga Filho;**

Departamento de Engenharia Mecânica - PUC - RJ

**Prof. Dr. José Eugênio Leal;**

Coordenador (a) Setorial do Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 9 de setembro de 2005

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, da autora e do orientador.

### **Francy Goersch Nogueira**

Graduou-se em Engenharia Química pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro no ano de 2000. Profissionalmente atuou em desenvolvimento, validação e implementação de metodologias para controle de qualidade físico-químico de cigarros.

### Ficha Catalográfica

Nogueira, Francy Goersch

Padronização e confiabilidade metrológica dos resultados de firmeza do cigarro / Francy Goersch Nogueira ; orientador: Alcir de Faro Orlando. – Rio de Janeiro : PUC-Rio, Programa de Pós-Graduação em Metrologia para Qualidade e Inovação, 2005.

169 f. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Metrologia para Qualidade e Inovação.

Inclui bibliografia

1. Metrologia – Teses. 2. Cigarros. 3. Firmeza. 4. Incerteza. I. Orlando, Alcir de Faro. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Metrologia para Qualidade e Inovação. III. Título.

CDD: 389.1

Aos meus queridos pais.

## Agradecimentos

À Souza Cruz, e em especial a Lucy Cury, José Roberto Silva e Tania Ribeiro, pelo incentivo, e por acreditarem no meu potencial, viabilizando a realização do Curso;

Ao Professor Alcir, pela paciência e parceria na execução deste trabalho;

Ao Professor Maurício Frota, pelo incentivo para realização do Curso;

A Professora Paula, pela ajuda e preocupação com os alunos do Pós-MQI;

À Rita Eiras, pelo “suporte técnico”, apoio e participação no desenvolvimento do trabalho;

À equipe do LAC, onde tudo começou, pela compreensão nos momentos de ausência;

À equipe do LFF, pelo auxílio na execução dos ensaios necessários para execução deste trabalho;

Aos demais colegas da Souza Cruz;

Aos funcionários da PUC-Rio, em especial à Eliane Albernaz e Márcia Ribeiro, pelo auxílio;

Aos colegas da PUC-Rio, pelo apoio;

Aos Professores da banca examinadora;

À minha família, por estar sempre ao meu lado;

As minhas queridas amigas Márcia, Cris, Gil, Paula e Claudinha, pelo incentivo;

Ao meu querido amigo Hamilton, pelo apoio e paciência.

## Resumo

Nogueira, Francy Goersch. **Padronização e confiabilidade metrológica dos resultados de firmeza do cigarro**. Rio de Janeiro, 2005. 169p. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-graduação em Metrologia, Qualidade e Inovação, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A qualidade de um cigarro pode ser avaliada por parâmetros físico-químicos. A caracterização de muitos destes parâmetros é essencial para a definição dos índices utilizados por um fabricante de cigarros para acompanhamento do produto no mercado. A firmeza do cigarro é um dos parâmetros utilizados para definição desses índices, e avalia seu grau de rigidez, podendo ser definido, de uma maneira geral, como a relação entre o diâmetro final do cigarro, após a realização de um ensaio de compressão, e o diâmetro inicial. A Firmeza é função de três variáveis: deformação vertical do cigarro, produzida pela aplicação de uma força padronizada, valor especificado de umidade no fumo e circunferência média do cigarro. Com o objetivo de possibilitar a comparação entre os diversos produtos, a firmeza medida é corrigida para um valor de referência de umidade, previamente especificado, pela utilização de um modelo exponencial. Apesar deste modelo ter sido devidamente validado para os produtos Souza Cruz, e ter sido considerado aceitável para determinação da firmeza corrigida, não foram avaliadas as incertezas associadas à sua utilização. Neste trabalho, foram utilizados nos ensaios onze (11) tipos de cigarros e medida a firmeza conforme os procedimentos adotados pela empresa, previamente qualificados. O método dos mínimos quadrados foi utilizado para o desenvolvimento de modelos, juntamente com a estimativa das incertezas. Neste estudo foram avaliados também outros modelos, no sentido de se obter aquele que gerasse resultados com menores incertezas, bem como a avaliação dos parâmetros que contribuem para o aumento da incerteza de medição da firmeza corrigida. Foi concluído que as características do produto contribuem para a elevada incerteza associada, o que resulta em repetitividade não muito boa. Com base nestes resultados, sugere-se o estabelecimento de critérios de aceitação do produto, compatíveis com as incertezas associadas à medição, comparando-se com os valores de Firmeza normalmente aceitos e testados pelo mercado.

## Palavras-chave

Metrologia; Cigarros; Firmeza; Incerteza.

## **Abstract**

Nogueira, Francy Goersch. **Standardization and metrological reliability of cigarette firmness results**. Rio de Janeiro, 2005. 169p. Master's Degree Paper – Graduate Program in Metrology for Quality and Innovation. Rio de Janeiro Pontifical Catholic University.

Cigarette quality can be evaluated by physical and chemical parameters. Characterizing most of these parameters is essential to defining the indices cigarette manufacturers use while monitoring the product on the market. Cigarette firmness is one of the parameters used for defining these indices and evaluates cigarette degree of rigidity. Generally, it can be defined as the ratio of the final cigarette diameter, following a compression assay, to its initial diameter. Firmness is a function of three variables: cigarette upright deformation as produced by applying a standard load; specified tobacco moisture, and cigarette mean circumference. With a view to enabling comparison between several products, the measured firmness is corrected to a previously specified reference moisture value by having use of an exponential model. In spite of this model having been properly validated for Souza Cruz products and considered as acceptable for the determination of corrected firmness, the uncertainties associated with its use have not been evaluated. The trials described in this paper used eleven (11) types of cigarettes and the firmness was measured as per previously qualified procedures used by Souza Cruz. The method of minimum squares was used in the development of models jointly with uncertainty estimate. Also evaluated in this study were other models so as to achieve that which could generate results with lowest uncertainties and those parameters which contribute to increasing uncertainty of corrected firmness measurements. The conclusion was that product characteristics contribute to increasing the associated uncertainty which results in poor repeatability. On the basis of these results, it is suggested that product acceptance criteria be established that are compatible with measurement associated uncertainties by comparing these with firmness values usually accepted and tested by the market.

## **Key Words**

**Metrology; Cigarettes; Firmness; Uncertainty**

# Sumário

1	Introdução	21
2	Métodos Experimentais	24
2.1.	Equipamentos	24
2.1.1.	Densímetro	24
2.1.2.	Estação de Testes	26
2.1.3.	Forno BAT	29
2.1.4.	Câmara de Condicionamento	31
2.2.	Validação da Metodologia de Medição	32
2.2.1.	Testes Exploratórios	32
2.2.2.	Validação das Metodologias – Avaliações Metrológicas	37
3	Desenvolvimento do Modelo Matemático para Firmeza	65
3.1.	Teste 1 – Análise do Modelo - Cigarros submetidos ao processo de amostragem	65
3.1.1.	Amostra	66
3.1.2.	Metodologia	68
3.1.3.	Características do Experimento	68
3.1.4.	Procedimento	69
3.2.	Teste 2 – Análise do modelo – Cigarros não submetidos ao processo de amostragem	70
3.2.1.	Amostra	70
3.2.2.	Metodologia	71
3.2.3.	Características do Experimento	71
3.2.4.	Procedimento	71
3.3.	Metodologia de Análise dos Resultados dos testes de Análise do Modelo – Resultados Preliminares	72
3.3.1.	Estimativa dos Valores Médios das Grandezas Medidas e suas Incertezas	73
3.3.2.	Estimativa do valor de Firmeza medida e seu valor de incerteza a 13,5% de umidade no fumo ( $H_{ref}$ )	75
3.4.	Metodologia de Análise dos Resultados dos testes de Análise do Modelo – Avaliação do modelo ajustado e estimativa das incertezas	79

3.4.1. Ajuste dos modelos	79
3.4.2. Estimativa das Incertezas	85
4 Análise dos Resultados	88
4.1. Estimativa da incerteza da Firmeza medida (%)	88
4.2. Comparação com modelo BAT	90
4.3. Avaliação da contribuição da incerteza do ajuste sobre a incerteza de medição da Firmeza corrigida	92
4.4. Avaliação do efeito da amostragem sobre os resultados de firmeza corrigida	93
4.5. Comparação dos resultados obtidos por modelo ajustado com o target de firmeza	94
5 Conclusões	97
6 Referências Bibliográficas	99
7 Apêndice	102
7.1. Apêndice A – Fundamentos de Estatística	102
7.1.1. Testes de Hipóteses <sup>14</sup>	103
7.1.2. Teste de Média Zero	104
7.1.3. Análise de Valores Aberrantes ( <i>outliers</i> ) – Critério de Chauvenet	104
7.1.4. Teoria da Aproximação – Método dos Mínimos Quadrados <sup>13</sup>	105
7.2. Apêndice B – Fundamentos de Metrologia	109
7.2.1. Estimativa da Incerteza de Medição	110
7.3. Apêndice C – Tabelas	114
7.4. Apêndice D – Diagramas de Distribuição Normal dos Modelos Ajustados	158

## **Siglas**

BAT – British American Tobacco

ISOGUM - ISO Guia para Expressão da Incerteza de Medição

VIM –Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

TAR – alcatrão

CTS – Estação de testes de cigarros, fabricada pela Filtrona/Cerulean

SODIM – Estação de testes de cigarros, fabricada pela SODIM

RBC – Rede Brasileira de Calibração

CPD – Centro de Pesquisas e Desenvolvimento

## Nomenclatura

$\bar{C}$  = circunferência média (mm);

C = Circunferência (mm);

c = coeficiente de sensibilidade;

$\bar{d}$  = diâmetro médio;

d = diâmetro;

$d_i$  = diâmetro inicial;

E = erro a ser minimizado;

$F_{\text{corr}}$  = Firmeza Medida para 13,5% de umidade no Fumo (%);

$F_{\text{med}}$  = Firmeza Medida na amostra para o valor medido de umidade no fumo, estimada a partir dos valores medidos de circunferência e de firmeza lida (%);

H = Umidade (%);

$H_{\text{med}}$  = umidade medida no fumo (%);

$H_{\text{ref}}$  = 13,5% = umidade de referência no fumo (%);

$\bar{L}$  = leitura média de firmeza (mm);

L = Firmeza Lida (mm);

m = número de coeficientes do ajuste;

n = número de medições;

t = t-Student estimado para 95,45% de confiança e (n-1) graus de liberdade;

U = incerteza expandida;

$u$  = incerteza padronizada;

$\bar{X}$  = estimativa do valor médio da grandeza  $X$ ;

$X$  = grandeza avaliada na análise;

$y^*(x_i)$  = valor ajustado da função para um dado  $x_i$ ;

$k$  = fator de abrangência;

$\eta$  = desvio relativo em relação à média;

$\chi$  = valor suspeito;

$\bar{\chi}$  = média aritmética dos  $n$  pontos experimentais;

$\sigma$  = desvio padrão amostral;

$\pi$  = pi = 3,141593;

$\alpha$  = nível de significância.

## Lista de figuras

Figura 1 – Componentes do cigarro	21
Figura 2 – Densímetro para leitura da deformação vertical do cigarro (Firmeza lida)	24
Figura 3 – Densímetro Borgwaldt D-37	25
Figura 4 – Densímetro Borgwaldt DD-60A	25
Figura 5 – Estação de testes CTS	26
Figura 6 – Estação de testes SODIMAT	27
Figura 7 – Módulo de Circunferência - SODIMAT	27
Figura 8 – Princípio de Medição SODIMAT <sup>4</sup>	28
Figura 9 – Módulo de Circunferência - CTS	29
Figura 10 – Jogo de latas para amostras na determinação de umidade	30
Figura 11 – Forno BAT – Vista Externa	30
Figura 12 – Forno BAT – Vista Interna	30
Figura 13 – Câmara Climática Binder	31
Figura 14 – Diagrama do interior da Câmara Climática	33
Figura 15 – % de variação de massa em função do tempo de condicionamento em câmara climática	33
Figura 16 – % de variação de massa em função do tempo de condicionamento em sala de condicionamento	34
Figura 17 – % de variação de massa na amostra de cigarro entre 24 e 30 h de condicionamento	35
Figura 18 – Comparação de amostras condicionadas a 24 e 48h	37
Figura 19 – Fluxo da Amostra para realização dos ensaios	67
Figura 20 – Ilustração gráfica do valor, erro e incerteza <sup>15</sup>	112
Figura 21 – Distribuição Normal – Ajuste dos Dados por Marca de Cigarro – Marca A	159
Figura 22 – Distribuição Normal – Modelo Único para Todas as Marcas – Marca A	159
Figura 23 – Distribuição Normal – Ajuste dos Dados por Marca de Cigarro – Marca B	160
Figura 24 – Distribuição Normal – Modelo Único para Todas as Marcas – Marca	

B	160
Figura 25 – Distribuição Normal – Ajuste dos Dados por Marca de Cigarro – Marca C	161
Figura 26 – Distribuição Normal – Modelo Único para Todas as Marcas – Marca C	161
Figura 27 – Distribuição Normal – Ajuste dos Dados por Marca de Cigarro – Marca D	162
Figura 28 – Distribuição Normal – Modelo Único para Todas as Marcas – Marca D	162
Figura 29 – Distribuição Normal – Ajuste dos Dados por Marca de Cigarro – Marca D – Encarteirado	163
Figura 30 – Distribuição Normal – Modelo Único para Todas as Marcas – Marca D – Encarteirado	163
Figura 31 – Distribuição Normal – Ajuste dos Dados por Marca de Cigarro – Marca E	164
Figura 32 – Distribuição Normal – Modelo Único para Todas as Marcas – Marca E	164
Figura 33 – Distribuição Normal – Ajuste dos Dados por Marca de Cigarro – Marca F	165
Figura 34 – Distribuição Normal – Modelo Único para Todas as Marcas – Marca F	165
Figura 35 – Distribuição Normal – Ajuste dos Dados por Marca de Cigarro – Marca G	166
Figura 36 – Distribuição Normal – Modelo Único para Todas as Marcas – Marca G	166
Figura 37 – Distribuição Normal – Ajuste dos Dados por Marca de Cigarro – Marca H	167
Figura 38 – Distribuição Normal – Modelo Único para Todas as Marcas – Marca H	167
Figura 39 – Distribuição Normal – Ajuste dos Dados por Marca de Cigarro – Marca I	168
Figura 40 – Distribuição Normal – Modelo Único para Todas as Marcas – Marca I	168
Figura 41 – Distribuição Normal – Ajuste dos Dados por Marca de Cigarro – Marca J	169

## Lista de tabelas

Tabela 1 – Avaliação da variação da massa entre 24 e 30h	35
Tabela 2 – Medição de umidade em fumo, por 3,5h a 110°C	39
Tabela 3 – Medição de umidade, por 3,0h a 110°C, com utilização de dessecador, em fornadas independentes de 99 latas de fumo	40
Tabela 4 – Determinação de umidade no fumo utilizando temperaturas variáveis, e metodologias distintas	41
Tabela 5 – Determinação de umidade no fumo com ausência de fumo em latas previamente definidas	42
Tabela 6 – Determinação de umidade no fumo com tempos variáveis a 110°C	43
Tabela 7 – Padrões para calibração da estação de testes, valores em mm	46
Tabela 8 – Medição dos Padrões de Circunferência Média – PAQUÍMETRO_CTS	47
Tabela 9 – Medição dos Padrões de Circunferência Média – PAQUÍMETRO_SODIM	47
Tabela 10 – Teste de Média Zero para circunferência média do PAQUÍMETRO_CTS e PAQUÍMETRO_SODIM	48
Tabela 11 – Calibração da estação de teste CTS	50
Tabela 12 – Calibração da estação de teste SODIM	51
Tabela 13 – Teste de média zero para circunferência medida nas estações de teste CTS e SODIM	51
Tabela 14 – Medição do diâmetro (mm) com paquímetro	52
Tabela 15 – Dispersão da Medição da circunferência média dos cigarros (mm) com estação de teste	52
Tabela 16 – Padrões para calibração do densímetro (mm)	55
Tabela 17 – Calibração do densímetro BORG – 1 (mm)	57
Tabela 18 – Calibração do densímetro BORG – 2 (mm)	58
Tabela 19 – Calibração do densímetro BORG – 3 (mm)	58
Tabela 20 – Análise comparativa da leitura de firmeza (mm)	59
Tabela 21– Análise Comparativa dos parâmetros de Firmeza medidos no CPD e em UDI	61
Tabela 22 – Valores Máximos de Incerteza de medição	62
Tabela 23 – Incerteza da Firmeza Corrigida estimada para as amostras	

analizadas no CPD	62
Tabela 24 – Resultados de Firmeza medida em cigarros a (13,5±0,5)% de Umidade no fumo	89
Tabela 25 – Comparação entre os resultados obtidos utilizando o modelo BAT e utilizando o modelo ajustado, por marca, para cigarros com fumo a (13,5±0,5)% de umidade (condição de referência)	91
Tabela 26 – Comparação entre os resultados obtidos utilizando o modelo BAT e utilizando o modelo ajustado, para todas as marcas, para cigarros com fumo a (13,5±0,5)% de umidade (condição de referência)	91
Tabela 27 – Contribuição da Incerteza do ajuste sobre a incerteza de medição da Firmeza Corrigida	92
Tabela 28 – Teste de média zero para avaliação do efeito da amostragem	93
Tabela 29 – Comparação entre os resultados obtidos pelo ajuste dos modelos e os targets de firmeza	94
Tabela 30 – Comparação entre os resultados obtidos pelo ajuste dos modelos e os targets de firmeza (cont.)	95
Tabela 31 – Resultados Médios utilizados no Ajuste dos Modelos	115
Tabela 32 – Resultados Médios utilizados no Ajuste dos Modelos (Continuação)	116
Tabela 33 – Ajuste dos dados – Avaliação por marca de cigarro – Marca A	117
Tabela 34 – Ajuste dos dados – Avaliação por marca de cigarro – Marca B	118
Tabela 35 – Ajuste dos dados – Avaliação por marca de cigarro – Marca C	119
Tabela 36 – Ajuste dos dados – Avaliação por marca de cigarro – Marca D	120
Tabela 37 – Ajuste dos dados – Avaliação por marca de cigarro – Marca D – Encarteirado	121
Tabela 38 – Ajuste dos dados – Avaliação por marca de cigarro – Marca E	122
Tabela 39 – Ajuste dos dados – Avaliação por marca de cigarro – Marca F	123
Tabela 40 – Ajuste dos dados – Avaliação por marca de cigarro – Marca G	124
Tabela 41 – Ajuste dos dados – Avaliação por marca de cigarro – Marca H	125
Tabela 42 – Ajuste dos dados – Avaliação por marca de cigarro – Marca I	126
Tabela 43 – Ajuste dos dados – Avaliação por marca de cigarro – Marca J	127
Tabela 44 – Avaliação do número de replicatas sobre a incerteza de medição da Firmeza corrigida (%) – Avaliação por marca de cigarro – Marca A	128
Tabela 45 – Avaliação do número de replicatas sobre a incerteza de medição da Firmeza corrigida (%) – Avaliação por marca de cigarro – Marca B	129
Tabela 46 – Avaliação do número de replicatas sobre a incerteza de medição da	

Firmeza corrigida (%) – Avaliação por marca de cigarro – Marca C	130
Tabela 47 – Avaliação do número de replicatas sobre a incerteza de medição da Firmeza corrigida (%) – Avaliação por marca de cigarro – Marca D	131
Tabela 48 – Avaliação do número de replicatas sobre a incerteza de medição da Firmeza corrigida (%) – Avaliação por marca de cigarro – Marca D – Encarteirado	132
Tabela 49 – Avaliação do número de replicatas sobre a incerteza de medição da Firmeza corrigida (%) – Avaliação por marca de cigarro – Marca E	133
Tabela 50 – Avaliação do número de replicatas sobre a incerteza de medição da Firmeza corrigida (%) – Avaliação por marca de cigarro – Marca F	134
Tabela 51 – Avaliação do número de replicatas sobre a incerteza de medição da Firmeza corrigida (%) – Avaliação por marca de cigarro – Marca G	135
Tabela 52 – Avaliação do número de replicatas sobre a incerteza de medição da Firmeza corrigida (%) – Avaliação por marca de cigarro – Marca H	136
Tabela 53 – Avaliação do número de replicatas sobre a incerteza de medição da Firmeza corrigida (%) – Avaliação por marca de cigarro – Marca I	137
Tabela 54 – Avaliação do número de replicatas sobre a incerteza de medição da Firmeza corrigida (%) – Avaliação por marca de cigarro – Marca J	138
Tabela 55 – Ajuste dos dados – Avaliação de modelo único para todas as marcas – Modelo não linear	139
Tabela 56 – Ajuste dos dados – Avaliação de modelo único para todas as marcas – Modelo não linear (Continuação)	140
Tabela 57 – Ajuste dos dados – Avaliação de modelo único para todas as marcas – Modelo linear	141
Tabela 58 – Ajuste dos dados – Avaliação de modelo único para todas as marcas – Modelo linear (Continuação)	142
Tabela 59 – Ajuste dos dados – Avaliação de modelo único para todas as marcas – Modelo polinomial de ordem 2	143
Tabela 60 – Ajuste dos dados – Avaliação de modelo único para todas as marcas – Modelo polinomial de ordem 2 (Continuação)	144
Tabela 61 – Ajuste dos dados – Avaliação de modelo único para todas as marcas – Modelo polinomial de ordem 3	145
Tabela 62 – Ajuste dos dados – Avaliação de modelo único para todas as marcas – Modelo polinomial de ordem 3 (Continuação)	146
Tabela 63 – Avaliação do número de replicatas sobre a incerteza de medição da Firmeza corrigida (%) – Avaliação de modelo único para todas as marcas –	

Marca A	147
Tabela 64 – Avaliação do número de replicatas sobre a incerteza de medição da Firmeza corrigida (%) – Avaliação de modelo único para todas as marcas –	
Marca B	148
Tabela 65 – Avaliação do número de replicatas sobre a incerteza de medição da Firmeza corrigida (%) – Avaliação de modelo único para todas as marcas –	
Marca C	149
Tabela 66 – Avaliação do número de replicatas sobre a incerteza de medição da Firmeza corrigida (%) – Avaliação de modelo único para todas as marcas –	
Marca D	150
Tabela 67 – Avaliação do número de replicatas sobre a incerteza de medição da Firmeza corrigida (%) – Avaliação de modelo único para todas as marcas –	
Marca D - Encarteirado	151
Tabela 68 – Avaliação do número de replicatas sobre a incerteza de medição da Firmeza corrigida (%) – Avaliação de modelo único para todas as marcas –	
Marca E	152
Tabela 69 – Avaliação do número de replicatas sobre a incerteza de medição da Firmeza corrigida (%) – Avaliação de modelo único para todas as marcas –	
Marca F	153
Tabela 70 – Avaliação do número de replicatas sobre a incerteza de medição da Firmeza corrigida (%) – Avaliação de modelo único para todas as marcas –	
Marca G	154
Tabela 71 – Avaliação do número de replicatas sobre a incerteza de medição da Firmeza corrigida (%) – Avaliação de modelo único para todas as marcas –	
Marca H	155
Tabela 72 – Avaliação do número de replicatas sobre a incerteza de medição da Firmeza corrigida (%) – Avaliação de modelo único para todas as marcas –	
Marca I	156
Tabela 73 – Avaliação do número de replicatas sobre a incerteza de medição da Firmeza corrigida (%) – Avaliação de modelo único para todas as marcas –	
Marca J	157

## Lista de quadros

Quadro 1 – Parâmetros de Medição das Estações de Teste	29
Quadro 2 – Condições de teste das amostras para avaliação do tempo de condicionamento	36
Quadro 3 – Simbologia para análise dos resultados da avaliação do efeito da variação da massa de fumo	38
Quadro 4 – Tempos de fornada para avaliação da influência sobre o resultado de umidade no fumo	42
Quadro 5 – Esquema de amostragem das carteiras para teste	66
Quadro 6 – Esquema de amostragem dos cigarros para teste	66
Quadro 7 – Identificação dos conjuntos de amostras de cigarros submetidos a amostragem	67
Quadro 8 – Caracterização do Experimento	68
Quadro 9 – Condições da câmara climática para condicionamento das amostras de cigarro	69
Quadro 10 – Esquema para composição das amostras para teste de circunferência	69
Quadro 11 – Identificação dos conjuntos de amostras de cigarros não submetidos a amostragem	70
Quadro 12 – Caracterização do Experimento	71
Quadro 13 – Modelos para ajuste dos dados	80
Quadro 14 – Expressões utilizadas para estimativa do coeficiente de sensibilidade da Firmeza corrigida em função da variável x	87
Quadro 15 – Erros de decisão nos testes de Hipótese	103