



JOF 3380/2021 : Desenvolvimento e sistematização do cálculo do Índice de Distorção Econômica – IDE pela atuação do Inmetro e da Rede Brasileira de Metrologia Legal e Qualidade – RBMLQ.

Contrato : BRA10 – 39472-2022

Produto 05 – Relatório final descritivo com a metodologia, base de dados, códigos de programação e cálculo do IDE para os anos de 2019, 2020 e 2021.

Campinas, abril/23

Sumário

Apresentação	11
1 Introdução	16
2 Revisão da bibliografia sobre impactos da imposição de padrões de medida	23
2.1 O Sistema Brasileiro de metrologia legal.....	23
2.1.1 Metrologia Legal.....	24
2.1.2 Controle Metrológico Legal.....	25
2.1.3 Controle legal de instrumentos de medição	25
2.1.4 Rede Brasileira de Metrologia Legal e Qualidade	25
2.1.5 Supervisão em Metrologia Legal	27
2.1.6 Supervisão Metrológica.....	27
2.1.7 Supervisão das atividades delegadas	28
2.2 Abordagem conceitual.....	29
2.2.1 Metrologia Científica, Metrologia Aplicada e Metrologia Legal	29
2.2.2 Principais pontos conceituais levantados na literatura sobre os benefícios da metrologia legal.....	31
2.2.3 Ganhos de produtividade no escopo da empresa individual.....	32
2.2.4 Ganhos de produtividade social referente a trocas entre empresas.....	32
2.2.5 Redução de custos de transação.....	33
2.2.6 Ampliação do mercado internacional	34
2.2.7 Redução de assimetrias de informação	34
2.2.8 Externalidades de rede.....	35
2.2.9 Metrologia legal: provisão pública	36
2.3 Estudos empíricos.....	36
2.3.1 Medidas de impacto sobre o valor adicionado da economia.	36
2.3.2 Estudos setoriais e estudos de caso	37

2.3.3	Estudos de impactos decorrentes de distorções provocadas por erros de medida	37
3	O índice de distorção econômica	38
3.1	Convenções de notação	38
3.2	Uma medida de distorção econômica	39
3.3	Interpretação da medida da distorção econômica	41
3.4	Comparação intertemporal	43
3.4.1	Decomposição da variação na medida de desigualdade econômica para um único bem	46
3.4.2	Decomposição da medida da distorção econômica de uma cesta de bens	48
3.5	Exemplos	54
4	Abordagem Metodológica	64
4.1	Visão Geral	64
4.2	Abordagem amostral	70
4.3	Estimativa do erro de Balanças nos Pontos de Venda	75
5	A busca pelos dados de consumo e preço	78
5.1	Os dados de consumo	78
5.1.1	Micro dados	81
5.1.2	Macro dados	81
5.1.3	Dados de consumo per capita	81
5.1.4	Resultados do consumo	82
5.2	Os dados de preço	84
5.2.1	Normalização de dados	86
5.2.2	Refino 1	87
5.2.3	Adequação dos preços	88
5.2.4	Resultados de preço	88
6	Análise dos dados de consumo e preço	90

6.1	O Carrinho Brasil: Composição e Custo Associado	94
6.2	Combustíveis.....	96
7	Dados de Inspeção	100
7.1	Os produtos da Cesta Básica.....	100
7.2	Os Combustíveis Veiculares.....	105
8	Aplicação dos critérios de aprovação.....	107
8.1	Cesta básica	107
8.2	Combustíveis.....	112
9	A distribuição geográfica dos dados de inspeção	115
9.1	Cesta básica	115
9.2	Combustíveis Veiculares	117
10	Distorção econômica: Composição e Valores	119
10.1	Composição da Distorção Econômica.....	119
10.2	Valores da Distorção Econômica	120
10.2.1	Cesta básica	120
10.2.2	Combustíveis	123
11	A aplicação Inspetor	126
12	Conclusões.....	131
13	Referências Bibliográficas	135
	Apêndice.....	140
1	Portaria nº 248 de 17 de julho de 2008	140
2	Portaria nº 328 de 29 de julho de 2021	141
3	Portaria nº 041 de 05 de fevereiro de 2003.....	141
4	Portaria nº 405 de 27 de setembro de 2021.....	142
5	Portaria nº 236 de 22 de dezembro de 1994	143
6	Portaria nº 559 de 15 de dezembro de 2016.....	144



7	Portaria nº 498 de 16 de dezembro de 2021.....	145
8	Referências – Legislação Aplicável	147

Índice de figuras

Figura 1 – Dispersão da variação dos pesos em torno da média	13
Figura 2 - Empacotamento com componentes harmônicas sem grandes oscilações.	14
Figura 3 – Empacotamento com componentes harmônicas com grandes oscilações.	15
Figura 4 – Projeção dos pesos individuais de uma sequência de 100 pacotes.	16
Figura 5 - Projeção dos pesos individuais de uma sequência de 100 pacotes, mantendo-se pesos acima do limite crítico de tolerância.	17
Figura 6 - Projeção dos pesos individuais de uma sequência de 100 pacotes, mantendo-se pesos acima do limite crítico de tolerância.	17
Figura 7 - Perfil adequado às exigências metrológicas.	17
Figura 8 - Projeção de janela móvel indicando a não reprovação do lote.	18
Figura 9 - Valores da estatística z correspondentes.	18
Figura 10 – Projeção de janela móvel com redução na faixa de variabilidade.	18
Figura 11 - Valores da estatística z correspondentes.	19
Figura 12 – Valores da estatística z correspondente.	19
Figura 13 – Projeção de janela para trecho de lote sequencial.	19
Figura 14– Estrutura da RBMLQ-1.	26
Figura 15- função de densidade de probabilidades.	64
Figura 16 - Sequência de dados em uma linha de empacotamento.	65
Figura 17- Desvio financeiro em g, versus preço unitário do produto, em R\$, com acentuada correlação positiva. Em casos como estes, a perda do consumidor será subestimada pelo produto de da perda total Δ pelo preço médio.	68
Figura 18- Desvio de peso X Preço unitário de venda.	69
Figura 19 – Numa distribuição gaussiana (ou normal), o intervalo de 4σ de largura total, centrado em μ (área sombreada) tem probabilidade total igual a 0,9545, ou aproximadamente 95%.	70
Figura 20 - Representação gráfica DE e DEL.	73
Figura 21- Taxa de interdição versus grupo de população do município.	75
Figura 22- Taxa de interdição nos grupos de população dos municípios versus índice de inspeção (bicos inspecionados por milhão de habitantes no grupo) mostra uma tendência a menor taxa de interdição para grupos com maior intensidade de inspeção.	75
Figura 23 – Composição da Distorção Econômica (Fonte: Inmetro).	119
Figura 24 - Tela principal da aplicação Inspetor.	126



Figura 25 - Tela do Impacto das Variáveis na DET.	126
Figura 26 - Empacotamento considerado ideal	132
Figura 27 - Empacotamento contaminado por uma oscilação regular de baixa frequência	132
Figura 28 - Empacotamento regular, oscilando com amplitude maior	132
Figura 29 – Caso de peso médio correto e equilibrado, com variabilidade muito grande, provocando alta frequência de ocorrências de pesos irregulares	133
Figura 30 – Caso de parâmetros estatísticos estáveis, com variabilidade excepcionalmente baixa, porém com média 990g, muito abaixo do valor nominal, implicando perdas positivas	133
Figura 31 – Caso de caos total, com perda positiva acentuada, porém, em amostras pequenas poderá revelar perdas negativas acentuadas, nulas ou positivas acentuadas	134

Índice de tabelas

Tabela 1 – Resultado de uma amostra aleatória criteriosa de 200 pontos de venda do produto Arroz.	22
Tabela 2: Exemplo hipotético ilustrando o efeito dos preços sobre o IDER.	44
Tabela 3- Itens da cesta básica do Projeto.	66
Tabela 4 - Exemplo de dados de pacotes de arroz.	68
Tabela 5- Estimativas de Δ e Π	72
Tabela 6– A estratificação dos municípios por faixa de população revela relações muito interessantes.	74
Tabela 7– Dados simulados de resposta de 32 balanças ao peso padrão de 500, mostrando tendência significativa a superestimação do peso, nesta faixa de peso.	76
Tabela 8 – Produtos, fontes de consumo e endereços.	79
Tabela 9 – Classificação dos dados de consumo.	80
Tabela 10 – Exemplo do Arroz para formato de tabela utilizado em consumo de produtos.	82
Tabela 11 – Exemplo do Arroz para formato de tabela utilizado em consumo de produtos (continuação).	83
Tabela 12 – Sumário dos resultados de consumo por produto.	83
Tabela 13 – Produtos, subprodutos, fontes de preço e endereços.	84
Tabela 14 – Produtos, subprodutos, fontes de preço e endereços (continuação).	85
Tabela 15 – Produtos, subprodutos, fontes de preço e endereços (continuação).	86
Tabela 16 – Colunas utilizadas no arquivo “Projeto IDE – Preços”.	86
Tabela 17 – Produtos com PN específicos selecionados para o Refino 1.	87
Tabela 18 – Resultados de preço dos produtos.	89
Tabela 19 – Resultados de consumo anual total, preço médio e custo total, entre 2019 e 2021, dos produtos da cesta básica considerada.	90
Tabela 20 – Variação dos resultados de consumo anual total e preço médio do Arroz, por UF.	91
Tabela 21 – Custo anual total para a população (em bilhões de reais), dos diversos produtos da cesta básica, no período considerado.	92
Tabela 22 – Custo total (G R\$) rateado entre as UF’s, pelo critério de proporcionalidade às respectivas populações. Tal critério assume consumos per capita idênticos entre as UF’s. Os valores devem ser usados apenas como referência de ordem de grandeza.	93
Tabela 23 – Custo total (G R\$) rateado entre as UF’s, pelo critério de proporcionalidade às	

respectivas populações. Tal critério assume consumos per capita idênticos entre as UF's. Os valores devem ser usados apenas como referência de ordem de grandeza (continuação). 94

Tabela 24 – Fatores de perda física (Mkg/g) e financeira (MR\$/g) para três produtos extremos da cesta: a Carne Bovina, no topo da tabela por custo, o Arroz, no centro e o Tomate, no final da tabela por custo. 95

Tabela 25 – Resumo dos dados referentes aos combustíveis e derivados do petróleo..... 96

Tabela 26 – Consumo total (M m³) dos combustíveis entre os anos 2019-21, distribuídos entre as UF's..... 97

Tabela 27 – Custo total (G R\$) dos combustíveis referentes ao período 2019-20 para as UF's..... 99

Tabela 28 – Composição da Base Insp-1, por produto e ano..... 101

Tabela 29 – Composição da Base Insp-2, por produto e ano..... 102

Tabela 30 – Número de registros na base Insp-2, referentes ao Arroz, para cada formato (em g) representado. O primeiro formato na tabela provavelmente se refere a pacotes de 1.000g, ou 1kg 102

Tabela 31 – Composição da Base Insp-3, por produto e ano..... 103

Tabela 32 – Alguns registros da Base Insp-3 104

Tabela 33 – Unidades inspecionadas de combustíveis veiculares 106

Tabela 34 – Presença total dos produtos na base Insp-3 em 2019 e 2020..... 109

Tabela 35 – Presença total dos produtos na base Insp-3 em 2021 e 2022..... 110

Tabela 36 – Detalhe das amostras coletadas no período jan-2019 a abr-2022, para o GLP e os 10 produtos alimentícios da Cesta Básica, constantes na base original, Insp-0, com informações de valores nominais de referência, por formato considerado. 111

Tabela 37 – Presença total dos combustíveis nas inspeções das bombas medidoras pelo país em 2019..... 112

Tabela 38 – Distribuição dos erros de medida de acordo com as vazões das bombas de abastecimento de combustíveis em 2019. 114

Tabela 39 - Inspeções sobre as médias amostrais legais para os combustíveis no país em 2019.. 114

Tabela 40 – As inspeções Insp-3 dos produtos da cesta básica pelas UFs..... 115

Tabela 41 – As inspeções Insp-3 dos produtos da cesta básica pelas UFs (continuação)..... 116

Tabela 42 – Inspeções para o Arroz em 2019 117

Tabela 43 – Inspeções dos combustíveis distribuídos por UFs 118

Tabela 44 – Valores associados a distorção econômica do país para a cesta básica, em 2019..... 120



Tabela 45 – Valores associados a distorção econômica do país para a cesta básica, em 2020.....	121
Tabela 46 – Valores associados a distorção econômica do país para a cesta básica, em 2021.....	122
Tabela 47 – Valores associados a distorção econômica do país para os combustíveis, em 2019..	123
Tabela 48 – Valores associados a distorção econômica do país para os combustíveis, em 2020..	124
Tabela 49 – Valores associados a distorção econômica do país para os combustíveis, em 2021..	125

Apresentação

O objetivo central deste projeto demanda a confluência simultânea e coordenada de duas vertentes de dados. De um lado, são dados de consumo e de preço – global e por estratos, segundo critérios diversos – de produtos de uma lista definida a priori, de 19 alimentos mais GLP e 4 combustíveis automotores: álcool, gasolina, diesel e GNV. Do outro lado, são os dados relativos às operações de inspeção por parte do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), realizadas em todo o país, associadas a esses produtos. Tudo isto, referente aos três anos, de 2019 a 2021. Por estarem disponíveis, incluíram-se também os dados de inspeções correspondentes aos 4 primeiros meses de 2022.

As operações de busca desses dados tiveram por meta não apenas coletar os dados, mas demarcar uma linha completa e replicável de procedimentos de localização, coleta e tratamento estatístico básico dos dados, que possam ser sucessivamente percorridas de forma bem norteada no futuro.

Esses procedimentos estão incorporados em aplicação específica para as funções exploratórias básicas e extração de subconjuntos específicos sobre a base estruturada dos dados de inspeção. Por opção do operador, esta cria um arquivo no formato CSV, para uso posterior, inclusive no Excel. Essa aplicação foi desenvolvida em Visual Basic pelos recursos gráficos que favorecem a construção de interfaces gráficas agradáveis e autoexplicativas.

Faz também parte deste Projeto a construção, junto ao INMETRO, de planos amostrais por praça, para a estimativa dos desvios de medida nas operações de pesagem nos pontos de varejo.

A Questão Inspeção

A quantidade de pacotes referentes aos produtos alimentícios da cesta básica combinada – em formatos/tamanhos variados – lançada ao mercado se acumula em números realmente gigantescos. Isto é uma consequência natural do gigantismo do tamanho do Brasil, em área e em população. Um exemplo que tem sido explorado aqui para a exposição de conceitos estatísticos fundamentais é o caso do arroz. Seu consumo total no Brasil foi de 10,6 bilhões de quilos. Sua aparência gigantesca se reduz a valores bem aceitáveis, quando distribuída em quantidade média por habitante.dia: 138 gramas.

Por outro lado, a questão do gigantismo da responsabilidade em se inspecionar essa montanha do produto, após sua acomodação em pacotes de 1 kg e de 5kg (os únicos formatos com números relevantes, segundo se revela através do número total de pacotes inspecionados, por formato), também é reduzida a níveis perfeitamente confortáveis, quando subjugada ao poder gigantesco (!!!) da Teoria Estatística disponível e posta em ação. Indo direto ao ponto.

Como declarado acima, sem perda de qualidade, a análise dos dados de inspeções metrológicas de pacotes desse produto, realizadas em 2.019, pode ser restrita aos formatos de um e de cinco kg. Dos 8.624 pacotes inspecionados e disponibilizados para a análise neste Projeto, 7.222 de 1kg e 1.137 de 5kg.

Feitas estas simplificações, e fazendo-se a conjectura de que a distribuição da massa inspecionada, por formato do pacote, tem distribuição perfeitamente proporcional à massa total de 10,6 Gkg. Em consequência, conclui-se que o número de pacotes de 1kg vendidos daquele produto, naquele ano e sobre todo o vasto território brasileiro, foi igual a 5,931 bilhões de pacotes.

Agora, pode ser visto como atacar o aparente gigantismo do desafio posto ao INMETRO com relação à tarefa de inspecionar essa massa gigantesca e decidir se seu peso médio está correto, ou se merece ser reprovada, por revelar uma perda positiva. Isto é feito construindo o intervalo de 99,9% de confiança para o peso médio destes quase 6 bilhões de pacotes.

Ora, as 7.222 inspeções feitas, naquele ano, em pacotes de 1kg estimaram a média em 999,4g e o desvio padrão (dp) em 9,8g. Este conjunto permite estimar o peso médio dos quase 6 bilhões de pacotes, com extraordinária precisão, na forma de um intervalo de 99,9% de confiança:

$$\left(999,4 - 3,09 \times \frac{9,9}{\sqrt{7222}} , 999,4 + 3,09 \times \frac{9,9}{\sqrt{7222}} \right) = (999,4 - 0,360 , 999,4 + 0,360)$$

$$(999,040 , 999,760) \text{ gramas}$$

Fica então provado que o peso médio daqueles quase 6 bilhões de pacotes (com 99,9% de confiança) é algum valor acima de 999,040 mas abaixo de 999,760, portanto inferior ao PN de 1.000g. Esta conclusão final, é claro, está calçada na conjectura de que aqueles 7.222 pacotes inspecionados são uma amostra estatisticamente representativa daqueles quase 6 bilhões de pacotes de 1kg consumidos naquele ano.

Analisando agora de uma posição diferente deste problema. Suponha que, embora se disponha de algum conhecimento histórico sobre o desvio padrão, não se faz ideia segura alguma sobre o valor preciso do peso médio daquele lote imenso de pacotes, e também que se esteja enfrentando agora o gigantesco (aparentemente) problema e que, sem conhecimento tão detalhado da realidade, mas admitindo a priori que a média é desconhecida mas que o desvio padrão, que mede a variabilidade dos pesos dos pacotes em torno da própria média, consequência do ruído de fundo presente em qualquer problema metrológico real, é proveniente de um desvio padrão de, digamos, aproximadamente 15g. Esta seria então uma pressuposição a priori bem conservadora, apenas para maior segurança: embora a experiência histórica sugerisse um desvio padrão da ordem de apenas 10g, assumindo-se, para começar a trabalhar uma variabilidade dos pesos dos pacotes, um desvio padrão igual a 15g, portanto bem maior, como ilustra Figura 1 seguinte.

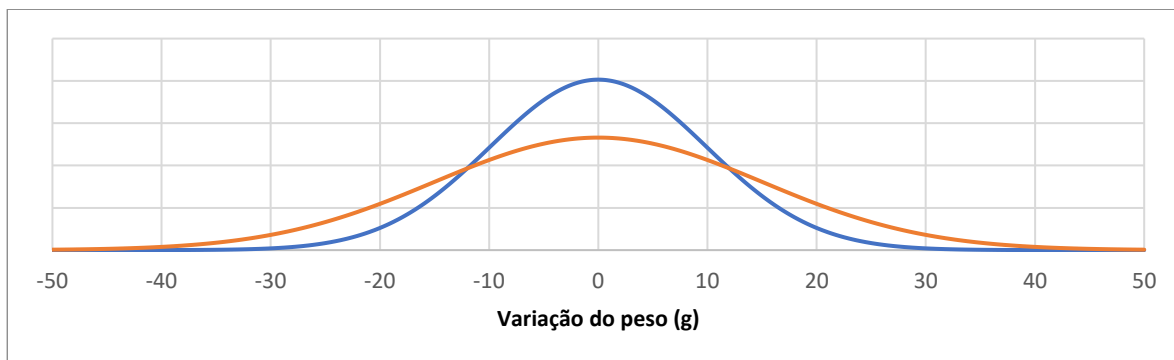


Figura 1 – Dispersão da variação dos pesos em torno da média

Neste caso, considerando uma amostra aleatória bem modesta de, digamos, apenas 90 dos quase seis bilhões de pacotes, a média estimada cairia, com 99,9% de probabilidade, a menos de 0,5 grama de distância do peso médio verdadeiro daquele universo de seis bilhões de pacotes.

Então, se o peso médio dos 90 pacotes amostrado for por exemplo 999g, então pode-se afirmar, com 99,9% de certeza que o peso médio real dos pacotes é algo entre 998,5 e 999,5. Uma leve descalibração do lote todo fica provada. Porém, não uma descalibração dramática, mas de algo entre -0,5 a -1,5 grama. Isto significa que, um desvio negativo de 1g, correspondendo a uma perda média positiva para o comprador, será revelado, com certeza, com uma amostra aleatória de apenas 90 pacotes. Mas uma amostra aleatória para a qual, a cada pacote do universo deverá ser dada igual probabilidade de vir a ser sorteado.

Por outro lado, uma situação metrológica que aparece perfeitamente equilibrada quando se avalia o país como um todo pode estar camuflando diferenças opostas em estados diferentes, ou mesmo

em pontos de venda diferentes. Mesmo desvios consideráveis, como em dois estados com distorções muito fortes, porém em sentidos opostos, seguramente tenderá a passar imperceptível em planos amostrais por amostragem aleatória simples (a.a.s.) cobrindo todo o território, como aquele do exemplo acima, reduzido a uma amostra pífia de apenas 90 pacotes.

Esse problema tem, contudo, solução estatística simples, pela adoção de uma abordagem, por exemplo, por amostragem aleatória estratificada (a.a.e.). Considerando-se uma cobertura nacional por UF, com uma amostra de 50 unidades por UF. Esta abordagem, é claro, exige uma coordenação nacional, contando com operadores locais, por UF. Soluções elegantes, econômicas e de alta precisão (imagine o resultado global, para o país todo, baseado numa amostra agregada de quase 1.500 pacotes). A estimativa global apresentaria uma precisão 4 vezes maior que aquela baseada em apenas 90 inspeções.

O problema parece complicar um pouco mais quando se espera por uma inspeção focada em pontos de venda individuais. Há questões interessantes a serem levantadas neste caso.

Imagine uma empacotadora regional cujo sistema de empacotamento é sujeito, como qualquer outro, a ruído branco, como o sinal registrado em verde (Figura 2) porém sobreposto a componentes harmônicas de amplitude semelhante, porém de muito baixa frequência, fenômeno não completamente ausente em ambientes sujeitos a oscilações elétricas, como ilustra o sinal registrado em vermelho (Figura 3).

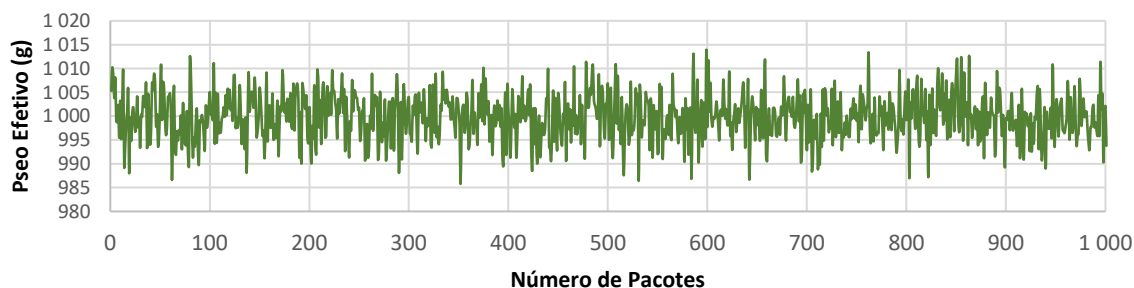


Figura 2 - Empacotamento com componentes harmônicas sem grandes oscilações.

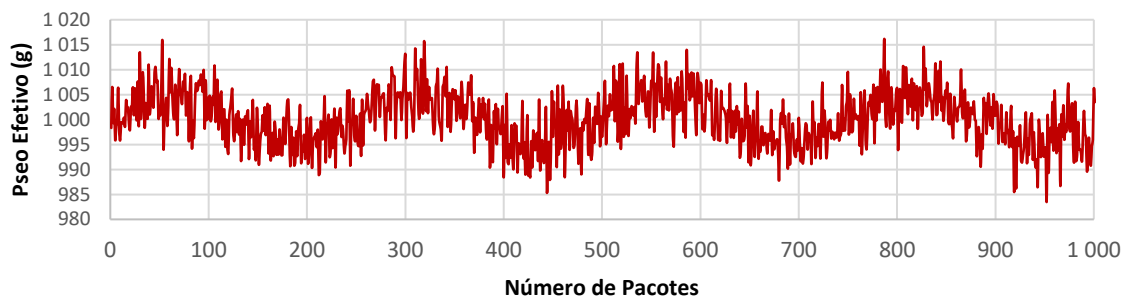


Figura 3 – Empacotamento com componentes harmônicas com grandes oscilações.

Em unidades de empacotamento bem calibradas e submetidas a ruído branco de baixa amplitude, como ilustra o sinal em cor verde, amostras aleatórias de 25 pacotes praticamente nunca, ou raramente (probabilidade 0,001), serão reprovadas. Em unidades de empacotamento também muito bem calibradas, mas sujeitas componentes harmônicas como ilustra o sinal em cor vermelha, mesmo que ainda mantendo o sinal muito bem contido entre os limites de tolerância, como ilustra o sinal em cor vermelha, acima, quase todas as amostras de 25 unidades serão reprovadas, como se pode observar. Tal situação pode produzir um resultado curioso com duas amostras em pontos de venda vizinhos, de um mesmo produto, resultando uma amostra reprovada com perda positiva estatisticamente significativa, e a outra, também reprovada, mas por perda estatisticamente significativa, porém negativa.

Seria interessante discutir como contornar estas situações problemáticas e tantas outras, com saídas estatísticas surpreendentemente simples.

1 Introdução

Com 8,5 milhões de km² de extensão territorial e 210 milhões de habitantes, o Brasil é um país gigantesco. A logística para o abastecimento regular desta população com suprimento alimentar em quantidade e qualidade é naturalmente uma tarefa desafiadora. Em um primeiro exemplo ilustrativo que será bastante explorado neste texto, vamos considerar um dos alimentos mais difundidos e populares: o arroz. O consumo deste cereal no País mantém sempre leve tendência ascendente mais associada ao próprio crescimento populacional, já ultrapassa a marca de 11 milhões de toneladas por ano, que corresponde a 144 gramas por habitante.dia, em termos do produto ainda no estado não cozido.

No caso do arroz, embora empacotado em uma diversidade de pesos nominais, indo de 200g a 5kg, em sua imensa maioria os volumes de 1kg, em distante primeiro lugar, e o de 5kg são amplamente dominantes. Para simplificar a estética da apresentação das ideias centrais nesta etapa do texto, mas sem banalizar a implícita complexidade conceitual, o foco fica concentrado unicamente nos pacotes de 1kg. Com esta redução, os 11 bilhões de kg do cereal serão considerados como sendo postos à disposição dos consumidores, em pontos de venda por todo o País em igual número de pacotes 1kg.

A legislação, no caso é rigorosa, porém com dose equilibrada de tolerância. Se o Produtor/Empacotador se comprometeu com o peso de 1kg – ou 1000g – é legítimo que o poder público exija que tal compromisso seja cumprido, com adequado nível de rigor metrológico.

Como exatidão, no mundo real, é meta inalcançável, uma vez que ruído está sempre presente em qualquer sistema físico, a legislação exige que os pacotes postos à venda apresentem peso médio praticamente idêntico ao Peso Nominal (PN) – que neste exemplo ilustrativo é de 1000,0g – embora em termos individuais, certo nível de variação seja formalmente tolerado. No caso em pauta, este nível é de 15g; portanto um eventual pacote com 985g de peso real será tolerado, enquanto que pacotes com pesos inferiores a este – 984g, por exemplo – serão considerados irregulares, com todas as implicações convencionadas. A Figura 4 ao lado, mostrando os pesos individuais de uma sequência de 100 pacotes do produto sendo ejetados do ponto final de uma linha de empacotamento, apresenta uma

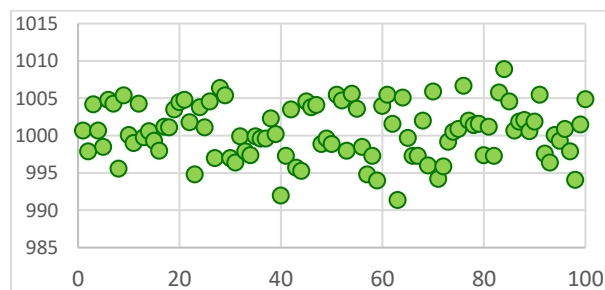


Figura 4 – Projeção dos pesos individuais de uma sequência de 100 pacotes.

imagem clara dos objetivos metrológicos exigidos. Naturalmente uma eventual inspeção

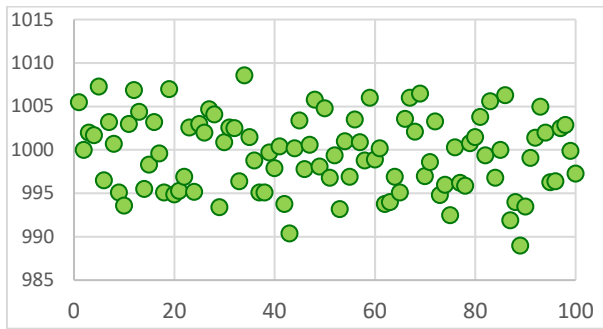


Figura 5 - Projeção dos pesos individuais de uma sequência de 100 pacotes, mantendo-se pesos acima do limite crítico de tolerância.

metrológica deste lote não levaria a reprovação do mesmo pelo critério metrológico, mesmo que os pontos – que representam os pacotes individuais na sequência em que foram produzidos – se espalhassem um pouco mais em torno do PN de 1000g, desde que se contivessem acima do limite crítico de tolerância, convencionado em 985g, como ilustra a

Figura 5.

Uma das grandes missões do INMETRO, que é o tema central neste Projeto, é a de inspecionar através de critérios estatísticos rigorosos e precisos, todo o fluxo do produto, para garantir que os cerca de 11 bilhões de pacotes sendo produzidos sejam mantidos sempre com um perfil de peso como o ilustrado nas figuras acima. Mesmo que ora com uma variabilidade menos ampla, ora mais ampla, mas sempre atendendo às especificações de média igual a 1000g e variabilidade inerente nunca transitando fora dos limites de tolerância. A Figura 6 e Figura 7 a seguir, análogas à primeira acima, mostram um perfil perfeitamente adequado às exigências metrológicas, e a de baixo, em vermelho, mostrando os valores da estatística z, calculados sobre uma janela móvel de 32 observações consecutivas.

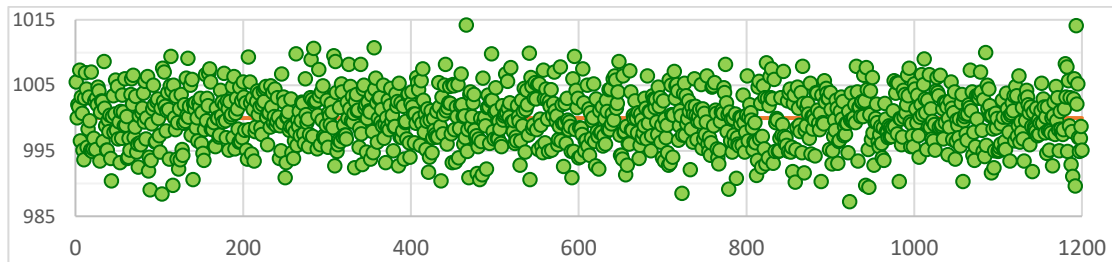


Figura 6 - Projeção dos pesos individuais de uma sequência de 100 pacotes, mantendo-se pesos acima do limite crítico de tolerância.

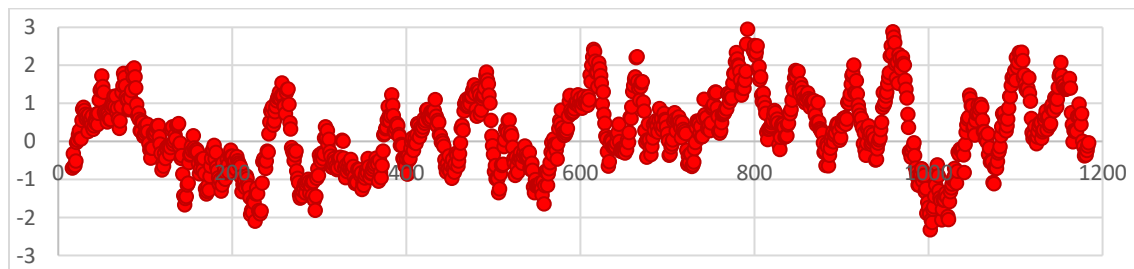


Figura 7 - Perfil adequado às exigências metrológicas.

Como se pode ver, as amostras de 32 pacotes, nesta janela móvel, indicam que a conclusão seria sempre de não reprovação do lote, uma vez que apenas duas vezes chega a tangenciar o valor limite de 3,09. Essa técnica analítica do método revela em certas situações, como ilustrado adiante.

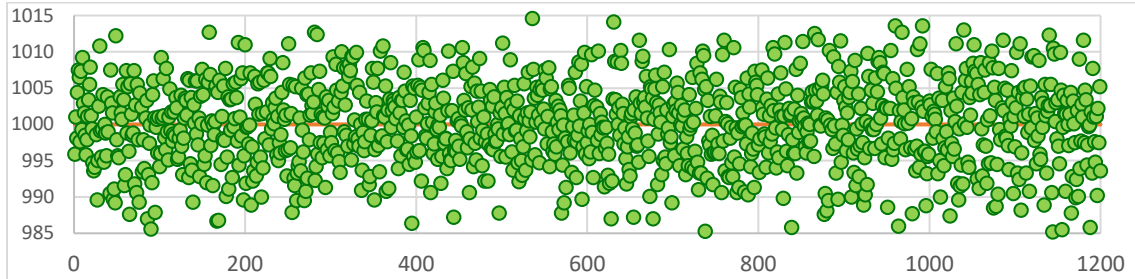


Figura 8 - Projeção de janela móvel indicando a não reprovação do lote.

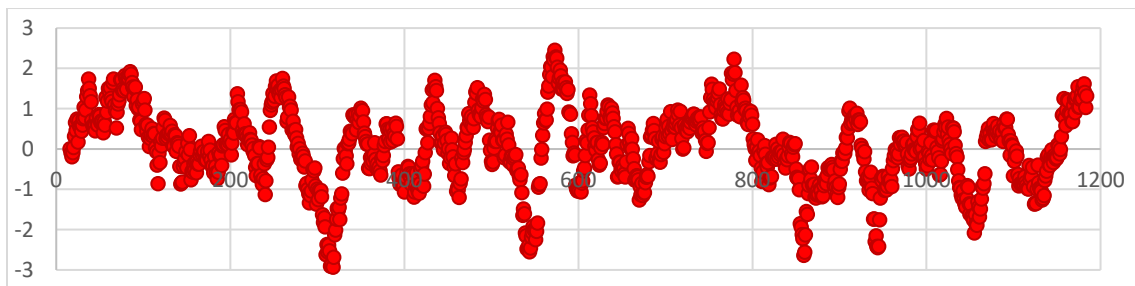


Figura 9 - Valores da estatística z correspondentes.

O efeito revelado é interessante: Com o aumento da variabilidade do peso dos pacotes, com muitos aproximando do limite crítico, mas mantida a perfeita calibração do peso médio, a estabilidade da estatística z cresce, em vez de diminuir. A parelha abaixo, peso observado para os pacotes, e correspondentes valores da estatística z para as amostras de 32 pacotes dentro da janela móvel, mostram que a redução na faixa de variabilidade do peso dos pacotes não impacta necessariamente na estabilidade de z.

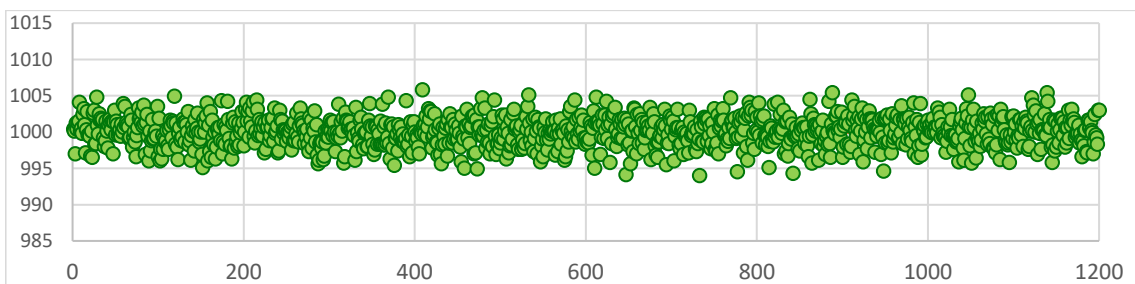


Figura 10 – Projeção de janela móvel com redução na faixa de variabilidade.

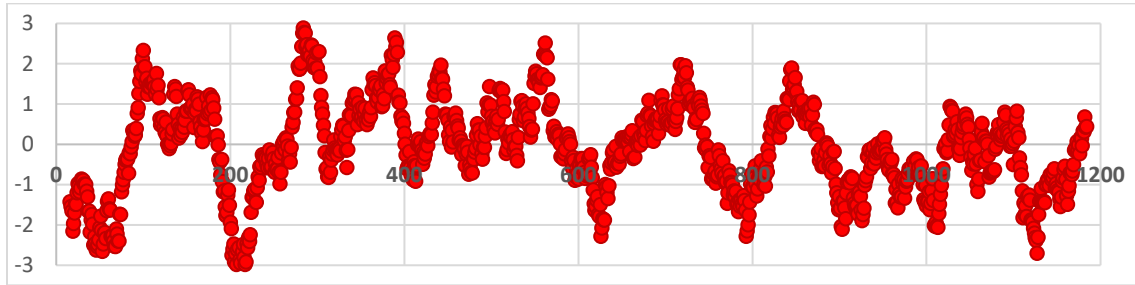


Figura 11 - Valores da estatística z correspondentes.

Perturbações estranhas são ilustradas adiante. O caso mostrado abaixo ilustra a enorme perturbação na estatística z, mesmo quando ligada a uma sequência muito bem-comportada em peso médio e variabilidade, mas com sequência produzida sob efeito de alguma oscilação suave no sinal – visível a “olho nú” neste exemplo – muito comum em sistemas mecânicos e eletrônicos. Em situações como esta, amostras de trechos de lotes sequenciais, a prevenção deste tipo de perturbação grave é também possível e relativamente simples.

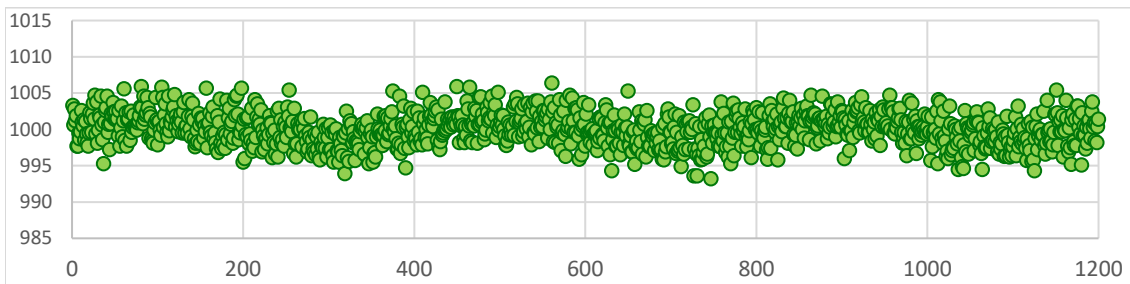


Figura 13 – Projeção de janela para trecho de lote sequencial.

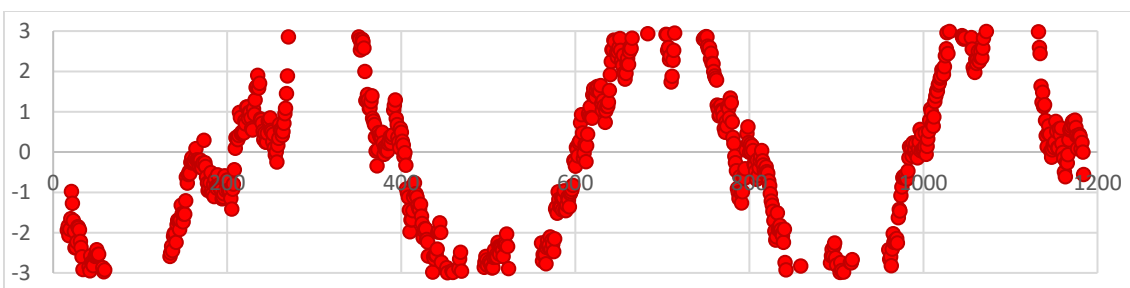


Figura 12 – Valores da estatística z correspondente.

A perturbação desta natureza provoca problemas como percepção de grande perda positiva em uma amostra e grande perda negativa em outra, do mesmo produto, mas na amostra seguinte, no próximo ponto de venda inspecionado no mesmo dia.

Perturbações metrológicas de outras naturezas podem induzir efeitos contrários, onde levando reprovações de lotes bem satisfatórios e a não reprovação de lotes claramente distorcidos, como

se pode ilustrar.

A importantíssima missão de inspeção metrológica confronta um desafio aparentemente de difícil transposição; “afinal, são 11 bilhões de pacotes a serem inspecionados”.

A Teoria Estatística, contudo, disponibiliza um arsenal metodológico de natureza conceitual e técnica que é absolutamente poderoso, eficaz, preciso e de surpreendente leveza e elegância operacional. Um imediato problema, implícito no desafio proposto, salta logo aos olhos: quão pesado é o esforço necessário para se estimar com precisão o peso médio de um lote de 11 bilhões de pacotes? A Teoria Estatística responde: Quase nada; o problema tem, na verdade, a leveza de uma pluma!

Neste contexto, uma amostra – única – de, digamos, 2500 pacotes garantiria uma estimativa do peso médio daquele 11 giga lotes de pacotes, com uma garantia estatística de erro com probabilidade 0,95, inferior a 4 décimos de grama (cerca de 25 grãos do arroz pilado). Desde que a amostra siga um plano amostral corretamente estruturado segundo a Matemática rigorosa da Teoria da Amostragem. Dois mil e quinhentos pacotes inspecionados, isto ao longo de um ano e sobre todo o território nacional é uma tarefa levianíssima para equipe tão extensa, numerosa e competente.

Uma outra dúvida que aflora com frequência em discussões desta natureza entre profissionais muito bem treinados e altamente competentes, mas ainda carentes de treinamento específico na Teoria Estatística:

“Como cada pacote amostrado representará cerca de 5 milhões de pacotes, é evidentemente necessário que cada pacote amostrado seja medido com o mais elevado nível de precisão para que erros cometidos não contaminem o resultado final. Portanto, atenção e rigor extremos, garantindo em cada pacote amostrado um erro de medida inferior a um décimo de grama, exigindo a operação balanças analíticas de elevada precisão”.

Surpreendentemente, esta preocupação é infundada! Essa elevada precisão metrológica é absolutamente desnecessária. Garanta apenas uma medição estatisticamente não viesada, e seguindo um plano amostral bem elaborado. Não é necessário perder tempo buscando rigor de precisão na medição do peso real de pacote amostrado.

A Teoria Estatística realmente apresenta facetas muito estranhas.

A Abordagem INMETRO

O Problema central, contudo, é mais imbricado. A missão não é apenas produzir uma estimativa global de peso médio por ano e para todo o País. Uma estimativa que aponte um peso médio muito

próximo do valor nominal pode estar camuflando significativas variações inter-setoriais, como se viu nesse Projeto.

Para cada produto incluído neste Projeto, o INMETRO executa tarefas de inspeção cobrindo, por amostragem, todos os pontos de venda em cada Unidade da Federação.

No primeiro estágio faz-se uma passagem ligeira por cada ponto de venda do produto em foco, executando-se com uma inspeção amostral sumária e ligeira. O objetivo desta passagem cobrindo centenas de pontos de venda é o de revelar eventuais pontos críticos onde distorções metrológicas possam estar presentes.

No segundo estágio os pontos de venda que apresentaram evidências de possíveis distorções metrológicas são revisitados e reavaliados, com um olhar mais acurado.

O esforço ilustrativo continua com o exemplo acima, com o caso arroz, mas agora focando em uma U.F. hipotética, com 4% da população brasileira – portanto consumo assumido como igual a 4% do total nacional – e 400 pontos regulares de venda do produto. Desses pontos de venda, uma amostra aleatória criteriosa de 200 deles foi sorteada, sendo esses submetidos a inspeção sumária. A perda média observada nesta amostra foi de 0,26g, com estatística z variando de -5,74 a +7,09.

Sessenta desses pontos de venda amostrados apresentaram perda média igual a 1,38 e estatísticas z superiores a 2,00, sendo por isto marcados para serem submetidos a inspeção rigorosa. Os 140 demais pontos apresentaram valores de z inferiores a 2,00 e perda média igual a -0,22g. Nestas inspeções rigorosas, 16 dos pontos produziram valores de z superiores a 3,09, perda média 2,06g e foram reprovados.

Na inspeção sumária, a perda média das 200 amostras, correspondente a 200 pontos de venda sorteados, foi estimada em 0,26g.

Com base nos resultados das inspeções sumárias, 140 se apresentaram como satisfatórias, com perda média igual a -0,22g, enquanto os demais 60 pontos – que apresentaram algum sinal de possível distorção metrológica – haviam mostrado perda média de 1,38g e estatísticas z superiores a 2,00, sendo por isto selecionados para uma nova rodada inspeção, agora muito mais rigorosa e precisa.

Dessas 60 amostras (e respectivos pontos de venda), 16 apresentaram, na inspeção fina, estatísticas z superiores a 3,09 e perda média igual a 2,25g; foram, portanto, reprovadas. As demais 44 que submetidas à inspeção fina não foram reprovadas por terem apresentado, nesse estágio da inspeção, perda média igual a 1,08g mas estatísticas z inferiores a 3,09. Esses resultados estão ilustrados, de forma sumária, na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1 – Resultado de uma amostra aleatória criteriosa de 200 pontos de venda do produto Arroz.

		Perda média	
		Inspeção sumária	Inspeção rigorosa
→Inspeção sumária	200	0,26	
→ dispensados da inspeção rigorosa	140	-0,22	
→ Inspeção rigorosa	60	1,38	1,38
→Não reprovados	44	1,13	1,08
→Reprovados	16	2,06	2,25

A elevada consistência entre valores médios produzidos pelas inspeções sumárias e rigorosas são previsíveis. A perda média global para a U.F. fica então em 0,26g por kg. A perda total para a U.F. considerada é então igual a:

$$11 \times 10^9 \text{kg} \times 0,04 \times 0,26 \times 10^{-3} = 114.400 \text{kg}$$

Os valores na expressão acima são explicados abaixo:

$$11 \times 10^9 \text{kg} = \text{Consumo anual total}$$

$$0,04 = \text{fração correspondente à U.F. considerada}$$

$$0,26 = \text{perda média em } \frac{\text{g}}{\text{kg}}$$

$$10^{-3} = \text{fator para conversão da perda média } \frac{\text{g}}{\text{kg}} \text{ para } \frac{\text{kg}}{\text{kg}}$$

Assim, perda total, o resultado final, é dado em kg.

2 Revisão da bibliografia sobre impactos da imposição de padrões de medida

2.1 O Sistema Brasileiro de metrologia legal

O INMETRO é uma autarquia federal, vinculada ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC). O Instituto atua como Secretaria Executiva do Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Conmetro), colegiado interministerial, que é o órgão normativo do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Sinmetro).

Objetivando integrar uma estrutura sistêmica articulada, o Sinmetro, o Conmetro e o INMETRO foram criados pela Lei 5.966, de 11 de dezembro de 1973, cabendo a este último substituir o então Instituto Nacional de Pesos e Medidas (INPM) e ampliar significativamente o seu raio de atuação a serviço da sociedade brasileira.

No âmbito de sua ampla missão institucional, o INMETRO objetiva fortalecer as empresas nacionais, aumentando sua produtividade por meio da adoção de mecanismos destinados à melhoria da qualidade e da segurança de produtos e serviços.

O INMETRO tem por missão viabilizar soluções de infraestrutura da qualidade que adicionem confiança, qualidade e competitividade aos produtos e serviços disponibilizados pelas organizações brasileiras, em prol da prosperidade econômica e bem-estar da nossa sociedade.

Dentre as competências e atribuições do INMETRO destacam-se:

- executar, coordenar e supervisionar as atividades de metrologia legal e de avaliação da
- conformidade compulsória por ele regulamentadas ou exercidas por delegação;
- Verificar e fiscalizar a observância das normas técnicas e legais, no que se refere às unidades de medida, métodos de medição, medidas materializadas, instrumentos de medição e produtos pré-embalados;
- Manter e conservar os padrões das unidades de medida, assim como implantar e manter a cadeia de rastreabilidade dos padrões das unidades de medida no País, de forma a torná-las harmônicas internamente e compatíveis no plano internacional, visando a sua aceitação universal e a sua utilização com vistas à qualidade de bens e serviços;

- Fortalecer a participação do País nas atividades internacionais relacionadas com Metrologia e Avaliação da Conformidade, promovendo o intercâmbio com entidades e organismos estrangeiros e internacionais;
- Prestar suporte técnico e administrativo ao Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Conmetro) e aos seus comitês assessores, atuando como sua secretaria executiva;
- Estimular a utilização das técnicas de gestão da qualidade nas empresas brasileiras;
- Planejar e executar as atividades de Acreditação de Laboratórios de Calibração e de Ensaios, de provedores de ensaios de proficiência, de Organismos de Avaliação da Conformidade e de outros necessários ao desenvolvimento da infraestrutura de serviços tecnológicos no País;
- Coordenar, no âmbito do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Sinmetro), a atividade de Avaliação da Conformidade, voluntária e compulsória de produtos, serviços, processos e pessoas;
- Planejar e executar as atividades de pesquisa, ensino, desenvolvimento tecnológico em Metrologia e Avaliação da Conformidade; e
- Desenvolver atividades de prestação de serviços e transferência de tecnologia e cooperação técnica, quando voltadas à inovação e à pesquisa científica e tecnológica em Metrologia e Avaliação da Conformidade.

2.1.1 Metrologia Legal

Segundo o Vocabulário Internacional de Termos de Metrologia Legal (VIML), esta é definida como a prática e processo de aplicar à metrologia uma estrutura legal e regulamentadora e implementar sua execução. No Brasil, é atribuição legal do INMETRO regulamentar, controlar e supervisionar a produção, comercialização e uso de instrumentos de medição e produtos pré-embalados.

Através de suas ações em Metrologia Legal, o INMETRO cria um ambiente de estímulo à competitividade industrial e amplo exercício dos direitos de cidadania:

- Ao especificar, examinar, definir e aprovar os requisitos dos modelos dos instrumentos de medição em uso no País, assim como ao verificar e fiscalizar seu desempenho, o INMETRO proporciona a justa medição que a sociedade necessita.

- Supervisionando a quantidade nos produtos pré-embalados, o INMETRO provê segurança a cidadãos e empresas em relações de consumo.
- Ao regulamentar as unidades de medida em vigor no País, o INMETRO provê a cadeia de rastreabilidade para produtos, serviços e instrumentos de medição.

2.1.2 Controle Metrológico Legal

Antes mesmo de ser comercializado, um instrumento ou sistema de medição regulamentado deve ser submetido a um conjunto de procedimentos de avaliação da conformidade, estabelecidos em regulamento técnico metrológico, para que seja assegurado o atendimento aos requisitos técnicos aplicáveis. Após aprovado, tal instrumento continua sendo avaliado periodicamente, a fim de atestar que o mesmo permanece atendendo os requisitos estabelecidos em regulamentação técnica metrológica em vigor. Este conjunto de atividades de metrologia legal convencionou-se chamar de Controle Metrológico Legal.

Conforme prevê o vocabulário internacional de metrologia legal (VIML), compõe o controle metrológico legal o controle legal de instrumentos de medição, a supervisão metrológica e todas as operações que têm por finalidade examinar e demonstrar as condições de um instrumento de medição e determinar suas características metrológicas, entre outros, com relação aos requisitos regulamentares aplicáveis para, por exemplo, alegação de direitos perante a justiça.

2.1.3 Controle legal de instrumentos de medição

Entende-se como controle legal de instrumentos de medição um conjunto de operações legais a que podem ser submetidos os instrumentos de medição. Os processos de aprovação de modelo e verificação são exemplos dessas operações legais que compõem o controle legal de instrumentos de medição.

2.1.4 Rede Brasileira de Metrologia Legal e Qualidade

A Rede Brasileira de Metrologia Legal e Qualidade (RBMLQ-I) é o braço executivo do INMETRO em todo o território brasileiro, incumbida de fiscalizar o cumprimento dos requisitos técnicos pelos produtos, insumos e serviços que fazem parte do escopo regulatório do Instituto, de acordo com a legislação em vigor.

Esta estrutura, que é composta por 26 órgãos, é responsável pela supervisão e inspeção metrológica nos produtos que fazem parte do escopo deste trabalho.



Figura 14– Estrutura da RBMLQ-1.

Segundo o Artigo 9º do Regimento Interno do INMETRO, compete à Coordenação Geral da RBMLQ-I:

I – assessorar o Presidente no estabelecimento do direcionamento estratégico e os diretores, nas orientações específicas setoriais para os órgãos da RBMLQ-I;

II – supervisionar e controlar a definição e a elaboração dos termos dos convênios e contratos necessários para a delegação e execução das atividades delegadas pelo INMETRO no País;

III – apoiar o Presidente na coordenação das atividades das Superintendências do INMETRO;

IV – coordenar, em conjunto com a Diretoria de Administração e Finanças e com a Diretoria de Planejamento e Articulação Institucional, as ações de repasses orçamentários e financeiros à RBMLQ-I;

V – coordenar a elaboração dos planos anuais de investimento para a RBMLQ-I;

VI – coordenar ações de identificação e priorização de necessidades, bem como de implementação do desenvolvimento e capacitação da força de trabalho dos órgãos da RBMLQ-I;

VII – propor, desenvolver e implementar projetos de modernização e uniformização da execução das atividades delegadas pelo INMETRO, especialmente as atividades de informatização e

implantação do sistema de gestão da qualidade para a RBMLQ-I;

VIII – coordenar a aquisição e a distribuição do material necessário para a execução das atividades delegadas aos órgãos integrantes da RBMLQ-I;

Segundo o artigo 10º do Regime Interno do INMETRO define que compete à Divisão de Gestão Administrativa da Coordenação Geral da RBMLQ-I:

I – assessorar a Cored na gestão administrativa da RBMLQ-I;

II – gerenciar, em conjunto com Dplan e Diraf, a pactuação e execução dos planos de aplicação e investimentos da RBMLQ-I;

III – assessorar a Cored nas ações de repasses orçamentários e financeiros da RBMLQ-I.

2.1.5 Supervisão em Metrologia Legal

Supervisão em metrologia legal é o conjunto de atividades desenvolvidas pelo INMETRO que possui como objetivo avaliar se estão sendo observadas as leis e os regulamentos metrológicos, bem como se as atividades de metrologia legal estão sendo realizadas em conformidade com as diretrizes estabelecidas pelo INMETRO.

Essas atividades se referem tanto aos instrumentos de medição regulamentados quanto aos produtos pré-embalados.

Um instrumento de medição regulamentado pelo INMETRO, além de estar sujeito ao controle legal dos instrumentos de medição, pode ser alvo, a qualquer momento, de uma ação de supervisão metrológica, que possui característica fiscalizatória, ou seja, sem que haja aviso prévio ao detentor do instrumento.

Já os produtos pré-embalados, por não serem alvos de controle metrológico no momento do seu envase, uma vez que sua pesagem é realizada sem a presença do consumidor, tem na supervisão metrológica a forma de realização da checagem da quantidade indicada nas embalagens.

Para realizar as atividades de supervisão em metrologia legal, o INMETRO:

- Coordena e executa atividades de supervisão metrológica.
- Supervisiona as atividades delegadas aos órgãos da RBMLQ-I.

2.1.6 Supervisão Metrológica

Supervisão metrológica é a atividade do controle metrológico legal que consiste em checar se estão sendo observadas as leis e os regulamentos metrológicos. Ela possui como característica a realização de uma fiscalização a qualquer momento para constatar se um instrumento de medição

regulamentado ou um produto pré-embalado está de acordo com as leis e os regulamentos metrológicos.

Podem existir, por exemplo, instrumentos de medição que, ao serem propositalmente adulterados, passem a funcionar incorretamente, gerando prejuízos ao consumidor do produto comercializado com base em sua medição. Além disso, podem ocorrer também instrumentos falsificados que são colocados à venda na internet sem terem passado pelo controle metrológico legal realizado pelo INMETRO e produtos pré-embalados que apresentam quantidades de produtos inferiores ao que consta declarado em seu rótulo.

Para que o INMETRO e a RBMLQ-I possam checar de maneira eficiente se estão sendo observadas as leis e os regulamentos metrológicos, foram criados diversos mecanismos internos com a finalidade de auxiliar na realização da ação de supervisão metrológica em instrumentos de medição, produtos pré-embalados ou estabelecimentos comerciais.

Um desses mecanismos é o canal de recebimento de denúncia da sociedade, que possui uma enorme importância para que o INMETRO consiga realizar ações fiscalizatórias em todo o território nacional.

2.1.7 Supervisão das atividades delegadas

Como parte das atividades de supervisão em metrologia legal, a supervisão das atividades delegadas realizadas pelos órgãos da RBMLQ-I é uma importante ferramenta para a garantia da confiança metrológica nos instrumentos de medição e nos produtos pré-embalados.

O objetivo desta atividade é confirmar se as atividades delegadas de metrologia legal estão sendo realizadas conforme os requisitos estabelecidos no convênio entre o INMETRO e a RBMLQ-I, além das determinações contidas nos Documentos Normativos para Metrologia Legal.

Para isso, são realizadas frequentemente auditorias técnicas que visam averiguar a satisfatória capacidade de realização das seguintes atividades pelos órgãos integrantes da RBMLQ-I:

- Controle legal de instrumentos de medição;
- Supervisão metrológica;
- Perícia metrológica;
- Controle metrológico legal de produtos pré-embalados;
- Autorização de oficinas de reparo de instrumentos de medição, conforme a Portaria INMETRO nº 65/2015;

- Autorização de oficinas de selagem, postos de selagem e postos de ensaio de cronotacógrafos conforme o Edital INMETRO nº 04/2015.
- Como resultado das auditorias técnicas, os órgãos integrantes da RBMLQ-I conseguem melhorar seus processos internos, passando a atender plenamente aos requisitos estabelecidos pelo INMETRO e conseguindo, dessa forma, trazer mais confiança à sociedade por meio do controle metrológico legal nos instrumentos de medição e nos produtos pré-embalados.

A norma NIE – Dimel-102 estabelece os procedimentos operacionais de uma auditoria técnica na RBMLQ-I.

2.2 Abordagem conceitual

2.2.1 Metrologia Científica, Metrologia Aplicada e Metrologia Legal

O foco de nosso trabalho é a análise dos benefícios líquidos decorrentes da metrologia legal. Desse modo, é conveniente, antes de tudo, esclarecer o que se entende pelo termo.

O termo “metrologia” é usualmente aplicado ao conjunto das atividades pertinentes à mensuração de grandezas físicas tais como distância, volume, peso, energia, etc. Tais atividades podem ser classificadas em três grupos. O primeiro deles corresponde às atividades relacionadas à definição dos padrões de medida em termos de conceitos físicos e a questões relacionadas à ciência da mensuração das grandezas físicas de acordo com esses padrões. Por exemplo, o *Bureau International des Poids e Mesures* (2019), define as sete unidades básicas de medida – segundo, metro, quilograma, ampere, kelvin, mole e candela – em função de sete constantes físicas – a frequência hiperfina do cézio-133 ($\Delta\nu_{Cs}$) a velocidade da luz no vácuo (c), a constante de Planck (h), a carga elementar (e), a constante de Boltzmann (k), a constante de Avogrado (N_A) e a eficácia luminosa de uma radiação visível definida (K_{cd}). O segundo, por exemplo, é definido como a “duração de 9.192.631.770 períodos da radiação correspondente à transição entre dois níveis hiperfinos do estado básico não perturbado do átomo de cézio 33” (p. 130). O aspecto da metrologia científica dessa definição consiste no uso das constantes da física como padrão último para a definição das unidades de medidas. Por outro lado, a escolha da magnitude em si das unidades de medida é, em larga medida arbitrária. Por exemplo, do ponto de vista puramente científico, não há diferença entre medir distância em metros ou polegadas ou cúbitos, desde que essas unidades de medida sejam definidas de forma precisa.

Além de subsidiar a definição dos padrões de medida, a metrologia científica lida com o desenvolvimento de novas técnicas de realização desses padrões, ou seja, de realizar experimentos que resultem na manifestação empírica do padrão de medida,¹ a quantificação da incerteza associada aos resultados desses experimentos e a definição de métodos de medida que gerem menor erro.

A metrologia aplicada lida com a aplicação dos resultados da metrologia científica ao desenvolvimento de instrumentos de medida e seu uso nas diversas atividades da produção de bens e serviços. Ela lida com problemas tais com calibração de instrumentos de medida, adequação desses instrumentos às diversas atividades produtivas e de comércio e análise de custo e benefício associados a ganhos de precisão na medida de diversas quantidades.

Por fim, a metrologia legal está associada às atividades de normatização e fiscalização dos padrões de medida. Ela pode envolver a definição das unidades de medida consideradas oficiais, a eventual obrigatoriedade do uso dessas unidades nas relações comerciais, incluindo as relações de vendas ao consumidor final, a fiscalização dos instrumentos de medida usados em relações comerciais e das medidas declaradas em produtos pré-embalados, com eventuais penalidades para de medida superior a uma margem considerada tolerável.

Para efeito da discussão que se segue, é importante enfatizar que a metrologia legal é responsável por: a) definir as unidades de medidas oficiais e, na maioria dos países, adotar o uso obrigatório de tais unidades e b) fiscalizar e certificar instrumentos de medida ou produtos de acordo com sua adequação a procedimentos técnicos padrão.

A literatura sobre os benefícios econômicos da implementação de um sistema de metrologia legal, com consequentes definições de métricas oficiais e imposição do uso dessas métricas é relativamente pequena. Em grande parte, isso deve-se às dificuldades em avaliar os impactos econômicos da implementação da metrologia legal, dada a inexistência de contrafactuais e a impossibilidade de realização de experimentos controlados relativos ao tema. Também poder-se-ia argumentar que as razões teóricas e conceituais que apontam para grandes benefícios decorrentes da padronização de pesos e medidas são tão fortes que tornam desnecessária uma avaliação empírica dos benefícios decorrentes da adoção da metrologia legal. Nas palavras de Poulson (1977,

¹ No passado, os padrões de medida do metro e do quilo eram definidos como o comprimento e a massa de artefatos específicos. Nesse caso, o artefato era a realização da unidade de medida.

p.14), “uma análise do sistema de mensuração como um todo, especialmente de um modo quantitativo de custo benefício, é fadada ao fracasso: uma vez que as sociedades modernas não podem funcionar sem uma forma sistemática de obter dados de medidas, o valor de um sistema de mensuração é incalculável”.

Conforme apontam, de um modo geral, a literatura existente concentra-se em a) apontar conceitualmente os principais benefícios, assim como potenciais custos, decorrente da adoção de padrões de pesos e medidas e de sua imposição legal, b) estimar, o impacto da metrologia sobre o produto nacional ou sobre o crescimento desse produto e c) avaliar, na forma de estudos de caso, benefícios setoriais de adoção de padrões relacionados a pesos e medidas. O restante da apresentação dessa seção segue estrutura sugerida por esses três enfoques.

2.2.2 Principais pontos conceituais levantados na literatura sobre os benefícios da metrologia legal.

De um modo geral, existe grande consenso acerca dos benefícios gerados pela adoção de padrões uniformes de pesos e medidas. Sistematizações desse consenso são apresentadas por G. Swann (s.d.), Bekkouche e Caroline (2015), e Robertson e Swanepoel (2015).

De um modo geral, todas apontam para diversos mecanismos através dos quais os sistemas de metrologia legal, ao estabelecer padrões uniformes e impor o cumprimento desses padrões, promovem ganhos econômicos. Tais mecanismos implicam benefícios relacionados a ganhos de produtividade, ganhos no processo de inovação, redução de custos de transação, redução de barreiras a entrada com conseqüente aumento da concorrência, redução de incertezas e problemas relacionados a assimetria de informações e benefícios relacionados a economias de rede.

Em larga medida, todos esses efeitos estão relacionados ao fato de que os padrões de pesos e medidas constituem aquilo que Tassej (1995, 1996) denomina *infratecnologia*. Nas palavras do autor, infratecnologia é

“o conjunto de ‘ferramentas tecnológicas’ para fazer o processo econômico como um todo mais eficiente e, em alguns casos, possível em primeiro lugar. Coletivamente, essas ferramentas são chamadas *infratecnologias*. Para muitas indústrias, todas as fase de P&D, produção e desenvolvimento de mercado são apoiadas em várias infratecnologias” (Tassej 1996).

Os diversos padrões de medidas constituem uma linguagem compartilhada entre os agentes do processo produtivo que permite que eles possam trocar informações isentas de ambigüidades sobre quantidades e medidas relevantes para o desenvolvimento do processo. A adoção de padrões comuns de pesos e medidas tem efeito desde o escopo de uma empresa individual até o escopo da

economia mundial, conforme argumentamos a seguir.

2.2.3 Ganhos de produtividade no escopo da empresa individual

A divisão do trabalho é um dos principais promotores de ganhos de produtividade. Esse fato já era conhecido de Smith (2005). As empresas individuais modernas fazem extensivo uso da divisão do trabalho, sendo que diferentes trabalhadores são responsáveis pela produção de partes de diferentes componentes do produto final. A padronização das medidas nesse processo é condição indispensável para garantir que as diferentes etapas do processo produtivo gerem os componentes com características compatíveis para a composição do produto final. Adicionalmente, os padrões de pesos e medidas são indispensáveis nos processos de controle da produção e dos usos dos recursos empregados pelas empresas.

2.2.4 Ganhos de produtividade social referente a trocas entre empresas

Nas sociedades modernas, a divisão do trabalho não se reduz à divisão no contexto de uma única empresa. De fato, a maioria dos produtos modernos são produzidos a partir de uma divisão de trabalho entre empresas. Algumas empresas produzem matéria prima, outras, componentes do produto final, outras ainda combinam tais componentes gerando o produto final. Este, por sua vez é transportado por outro conjunto de empresas até o ponto de venda onde é vendido por ainda outra empresa. Essa complexa integração entre empresas só é possível caso cada uma saiba exatamente as características mensuráveis daquilo que deve produzir. A adoção de padrões contribui para que as especificações requeridas dos produtos de cada empresa sejam definidas com precisão e de modo compreensível para todas as partes envolvidas.

Além do benefício óbvio da viabilização da coordenação dessas atividades produtivas, o uso de padrões comuns de medida também facilita a solução de disputas, especialmente quando esses padrões são reconhecidos por uma terceira parte. Por exemplo, uma disputa acerca do atendimento de especificações técnicas por parte de uma empresa que fornece componentes para outra empresa, pode ser resolvida com maior facilidade por um tribunal caso as medidas usadas na especificação desse componente forem de conhecimento comum.

Nesse sentido, estabelecimento de padrões públicos oficiais de pesos e medidas fornece uma base apropriada para viabilizar transações entre empresas e minimizar os custos decorrentes de eventuais disputas relacionadas ao cumprimento de especificações contratuais. Com isso, a adoção de padrões comuns de pesos e medidas viabiliza a ampliação da divisão social do trabalho o dos

ganhos de produtividade dela decorrentes.

2.2.5 Redução de custos de transação.

A homogeneização dos padrões de pesos e medidas é, usualmente, um dos focos da metrologia legal. Para que se tenha uma ideia da importância dessa homogeneização, podemos citar o fato de que, de acordo com Zupko (1990, p. 113), “Às vésperas da Revolução, no último quarto do século 18, a França possuía mais de 1000 unidades de medidas aceitas como padrões em Paris e nas províncias, com aproximadamente 250.000 variações locais. Nomes de unidades eram supérfluos e confusos, e os padrões estaduais tinha pouca relação entre si.” Como consequência, os agentes econômicos precisavam dispendir tempo e energia entendendo cada sistema de medidas, impostos por diferentes senhores feudais que os utilizavam em seus sistemas tributários, e utilizados por diferentes compradores e produtores. Os riscos de que fraudes passassem despercebidas eram significativos, o que dificultava as transações entre agentes, especialmente, entre agentes localizados em diferentes regiões do país.

Em um ambiente como esse, o negócio entre as empresas era naturalmente prejudicado e, quando ocorria, envolvia custos adicionais decorrentes do uso de diversas unidades de medida que deveriam ser convertidas umas nas outras e das dificuldades em checar o cumprimento de metas.

A introdução do sistema métrico trouxe um ambiente mais homogêneo no qual havia pouca ou nenhuma ambiguidade em relação às medidas dos itens negociados entre empresas e menor dificuldade em avaliar essas medidas. Por exemplo, todas as medidas de distância poderiam em tese ser feitas com um único equipamento, o mesmo valendo para medidas de peso e de volume.

Isso implicou uma grande redução dos custos diretos de transações, isto é, dos custos relacionados a atividades exercidas com o único propósito de viabilizar transações comerciais. Como consequência, as possibilidades de divisão da atividade produtiva entre diversas empresas ampliaram-se sensivelmente.

Mesmo nos dias de hoje, o uso de diversas unidades de medida, em particular a persistência do uso de unidades de medidas do sistema imperial nos Estados Unidos, gera problemas de gravidade variada. O site da USMetric Association descreve vários casos de fracassos decorrentes de erros resultantes do uso de mais de uma unidade de medida para aferir o mesmo tipo de grandeza. Os problemas incluem a perda de um satélite no valor de US\$ 125 milhões, enviado pela NASA a Marte,

e a queda de uma aeronave.²

2.2.6 Ampliação do mercado internacional

A metrologia legal também contribui para facilitar trocas internacionais. Isso ocorre por duas vias. Primeiramente, a imposição de um sistema métrico público e homogêneo em um país permite que agentes do restante do mundo determinem com relativa facilidade as quantidades comercializadas com esse país. Esse efeito é drasticamente potencializado quando os padrões adotados em um país são os mesmos adotados nos países com os quais ele mantém relações comerciais. Adicionalmente, se a imposição do sistema de pesos e medidas é efetiva, com combate eficaz contra fraudes, o produto nacional ganha respeitabilidade em mercados internacionais. O resultado é que uma metrologia legal que adote os padrões internacionais de pesos e medidas é um importante facilitador das trocas internacionais, que, por sua vez, constituem mecanismos indispensáveis de crescimento e desenvolvimento econômico. Nas palavras de Poulson (1977, p. 22), nas transações cotidianas no mercado internacional.

“no comércio internacional, no qual comparabilidade e mensuração são essenciais, escalas e instrumentos, especificações de pesos e medidas, em resumo, toda comunicação internacional acerca de quantidades são objeto em pauta. Que esses assuntos devem ser coordenados entre governos, é auto evidente”.

2.2.7 Redução de assimetrias de informação

Se padrões metrológicos são elementos essenciais para a comunicação entre partes envolvidas no comércio, o monitoramento do cumprimento de tais padrões e imposição de penalidades a seu descumprimento contribui para eliminar diversos problemas de assimetria de informação entre essas partes.

Assimetrias de informação ocorrem quando uma das partes envolvidas em um contrato ou transação, detém informação relevante que não é de conhecimento comum das outras partes. O uso estratégico da parte detentora dessa informação pode levar a ineficiências de mercado. Entre tais ineficiências, destaca-se o fenômeno da seleção adversa, formalizado teoricamente por Akerlof (1970). A seleção adversa ocorre quando a presença de produtos de menor qualidade em um

² Para uma descrição mais detalhada assim como outros casos de problemas decorrentes da mistura de padrões de medidas, consulte <https://usma.org/unit-mixups#mco>.

mercado leva a eliminação do produtos de melhor qualidade. O termo “qualidade” significa nesse contexto qualquer característica do bem ou serviço transacionado que não pode ser verificada por uma das partes, a um custo razoável, antes da transação ser concluída. Portanto, pode significar, e muitas vezes significa, uma característica mensurável do item transacionado.

Stiglitz e Weiss (1981) mostram, em estudo aplicado a mercados financeiros, mas com resultados que podem ser generalizados para todos os mercados, que o problema da seleção adversa pode levar até a eliminação de mercados para alguns bens e serviços.

Os agentes privados podem mitigar as causas dos problemas de seleção adversa adotando medidas de sinalização e de seleção, mas tais procedimentos podem ser caros e ineficientes, conforme foi apontado pela primeira vez por Spence (1973).

A ausência de padrões de medida definidos legalmente também pode levar a ocorrência de problemas similares aos problemas de *moral hazard*, conforme tratado originalmente por Finkelstein et al. (2015), nos quais uma das partes do contrato pode ser levada a descumprir parte do que dela se esperada contando com a impossibilidade da outra parte verificar e mensurar tal descumprimento. Novamente, as ineficiências decorrentes desse tipo de problema podem chegar ao completo desaparecimento de mercados.³

A metrologia legal contribui para reduzir os problemas relacionados à assimetria de informação ao: a) impor punições a agentes que não determinem quantidades transacionadas de acordo com os padrões estabelecidos e, portanto, reduzindo o problema de informação assimétrica e b) oferecer uma base de medida, forçosamente aceita por todas as partes, para disputas acerca do cumprimento de metas contratuais quantitativas.

2.2.8 Externalidades de rede

Externalidades de rede ocorrem quando o valor de algum padrão para uma agente é tanto maior quanto maior for o número de agentes que adota esse padrão. Claramente padrões de pesos e medidas estão sujeitos a fortes externalidades de rede e a metrologia legal, por impor um padrão único potencializa ao máximo os benefícios gerados por tais externalidades (ver, por exemplo, Stokes et al. 2011, p. 47).

³ Uma boa introdução ao tratamento econômico dos problemas relacionados à informação assimétrica é oferecida por Varian (2012, cap. 37)

2.2.9 Metrologia legal: provisão pública

Outro aspecto enfatizado na literatura diz respeito às características de bens públicos associadas à definição de padrões de medidas. Na literatura econômica, um bem público é um bem ou serviço cujo consumo é não rival e não excludente. Um bem ou serviço com consumo não rival é um bem cujo uso por parte de um agente não o torna menos disponível para outros agentes. Um exemplo clássico de é o serviço prestado por um farol costeiro. O fato de uma embarcação visualizar a luz emitida por esse farol e, com isso, evitar uma possível colisão com rochedos não torna a mesma luz menos disponível para outras embarcações. Um bem ou serviço é dito não excludente quando o custo de evitar que ele seja usado por agentes não autorizados é muito elevado. Novamente, cabe o exemplo do farol costeiro, visto que é praticamente impossível impedir que todas as embarcações que trafeguem na região do farol se beneficiem do sinal luminoso que ele emite.

É possível mostrar que a provisão privada de bens públicos é ineficiente e, muitas vezes, inexistente. Nesse caso, justifica-se a provisão desse bem por parte do Estado.

Os padrões de medida definidos pela metrologia legal têm claramente características de bem público pois, não há qualquer rivalidade relativa a seu uso (consumo não rival) e seria muito custoso impedir que produtores e consumidores empregassem tais padrões caso não fossem autorizados. Tais características legitimam que as atividades de definições de padrões de medida sejam providas pelo Estado. Além disso, outras atividades tipicamente associadas à metrologia legal apresentam fortes economias de escala e externalidades positivas o que, mais uma vez, legitima que tais atividades sejam providas por um ente público e não privadamente (Ver, por exemplo, Stokes *et al.* 2011, p. 81; Poulson 1977, p. 24; G. Swann *s.d.*, p. 77).

2.3 Estudos empíricos

2.3.1 Medidas de impacto sobre o valor adicionado da economia.

Uma grande quantidade de estudos quantitativos dimensiona o impacto dos sistemas nacionais de padrões, incluindo a metrologia legal, a partir de relação estimada entre um indicador do grau de padronização existente na economia e indicadores de produtividade ou de crescimento econômico. Por exemplo, Stokes *et al.* (2011), estimam a relação entre o tamanho do estoque de padrões e a produtividade total dos fatores, chegando à conclusão de que um aumento de 1% no estoque de padrões leva a um aumento de 0,1% na produtividade total dos fatores de produção da Nova Zelândia. Hogan, Sheehny e Jayasuriya (2015) chegaram a um resultado equivalente para o Reino Unido, e Haimowitz e Warren (2007) estimam, usando dados do Canadá, que um aumento de 1%

no estoque de padrões leva a um aumento de 0,38% na produtividade do trabalho.

Robertson e Swanepoel (2015) citam dez estudos com abordagem similar, todos eles indicando uma correlação positiva entre a proxy usada para o grau de padronização e o indicador de produtividade econômica considerado.

2.3.2 Estudos setoriais e estudos de caso

A grande maioria dos estudos que procuram estimar os benefícios da metrologia legal ou da adoção de padrões métricos, adota a abordagem de estudos de caso. Em muitos casos tal abordagem segue metodologia bem definida, como, por exemplo, em *Economic Benefits of standards: ISO Methodology 2.0* (2013). O National Institute of Standards and Technology, lista mais de 40 estudos próprios com avaliação de impactos de projetos específicos de padronização em diferentes setores industriais, com indicadores de taxa de retorno social, taxa de benefício custo e/ ou de valor presente líquido de cada um desses projetos.⁴

Tais estudos são baseados primordialmente em quantificações dos impactos tecnológicos das medidas específicas de padronização e, conseqüentemente têm, cada um deles, abordagens metodológicas que dependem das características técnicas específicas de cada projeto.

2.3.3 Estudos de impactos decorrentes de distorções provocadas por erros de medida

No levantamento da literatura realizado, identificamos apenas três estudos que avaliam o custo gerado pelo descumprimento de padrões de medidas ou as distorções econômicas provocadas por tal descumprimento. Stiefel (1973) propõem uma metodologia de avaliação de tal descumprimento baseada no valor dos erros positivos de medida esperados na medida de diversos bens, calculado de acordo com a distribuição estimada dos instrumentos de medida. B. A. Rodrigues Filho, Alexandre Nixon Raulino Soratto et al. (2021) usam conceito similar para sugerir um índice de distorção econômica decorrente de erros de medida e o uso de tal índice para estimar o impacto do sistema métrico legal. A abordagem proposta pelos autores será analisada do ponto de vista teórico na seção 2 do presente trabalho. Por fim, Dias, Caldas e Costa (2010), e, posteriormente, por Bruno Rodrigues Filho, Alexandre Nixon Raulino Soratto *et alia* apresentam um estudo de avaliação dos impactos provocados por erros de medida na economia brasileira usando o modelo de insumo produto desenvolvido por Leontief (1975).

⁴ 20s projetos são listados em <https://www.nist.gov/director/outputs-and-outcomes-nist-laboratory-research>

3 O índice de distorção econômica

3.1 Convenções de notação

No que se segue, usaremos a seguinte notação:

$\tilde{q}_i(t)$ representa a quantidade vendida aos consumidores do bem i no período t , conforme declarado pelo vendedor no rótulo da embalagem, ou após realização de medida à vista do consumidor, a qual será chamada aqui de *quantidade declarada*, *quantidade nominal*, ou ainda *quantidade aparente*;

$q_i(t)$ representa a quantidade efetivamente vendida aos consumidores do bem i no período t sendo que a diferença $\tilde{q}_i(t) - q_i(t)$ corresponde ao erro total das medidas fornecidas pelos vendedores;⁵

$\tilde{\mathbf{q}}(t) = (\tilde{q}_1(t), \tilde{q}_2(t), \dots, \tilde{q}_n(t))$ e $\mathbf{q}(t) = (q_1(t), q_2(t), \dots, q_n(t))$ representam, respectivamente, os vetores das quantidades declaradas pelos vendedores e das quantidades efetivas associadas às vendas aos consumidores de cada um dos produtos ($i = 1, 2, \dots, n$) no período t ;

$e_i(t) = \frac{\tilde{q}_i(t) - q_i(t)}{\tilde{q}_i(t)}$ é o erro relativo médio de medida do bem i no período t ;

$e(t) = (e_1(t), e_2(t), \dots, e_n(t))$ é o vetor desses erros relativos médios;

$v_i(t)$ representa o valor total (em R\$ correntes) das vendas aos consumidores do produto i no período t ;

$v(t) = \sum_{i=1}^n v_i(t)$ representa o valor total dos produtos vendidos aos consumidores na data t ;

$\tilde{p}_i(t) = \frac{v_i(t)}{\tilde{q}_i(t)}$ representa o preço médio *aparente* de venda aos consumidores do produto i no período t , isso é, o preço médio calculado de acordo com as quantidades declaradas pelos vendedores do produto;

$p_i(t) = \frac{v_i(t)}{q_i(t)}$ representa o preço médio *efetivo* de venda aos consumidores do produto i no período

⁵ Se esse erro for negativo, isso indica que, em média os vendedores informaram uma quantidade superior à efetivamente vendida, o inverso ocorrendo caso o erro seja positivo.

t , isso é, o preço médio calculado de acordo com as quantidades efetivas de venda;

$\tilde{\mathbf{p}}(t) = (\tilde{p}_1(t), \tilde{p}_2(t), \dots, \tilde{p}_n(t))$ e $\mathbf{p}(t) = (p_1(t), p_2(t), \dots, p_n(t))$ representam o vetor de preços dos produtos considerados, calculados, respectivamente, com base nas quantidades declaradas pelos vendedores e nas quantidades efetivas de venda.

Quando não houver ambiguidade acerca do período de tempo considerado, omitiremos o termo (t) das notações acima, passando a usar, por exemplo, $\tilde{\mathbf{q}}$ ao invés de $\tilde{\mathbf{q}}(t)$. Adicionalmente, usaremos a notação convencional para operações com vetores. Em particular, adotaremos a convenção de que as operações de adição e de subtração, quando aplicada a vetores com mesmo número de componentes, devem ser realizadas componente a componente, conforme o exemplo abaixo,

$$\tilde{\mathbf{q}} - \mathbf{q} = (\tilde{q}_1 - q_1, \tilde{q}_2 - q_2, \dots, \tilde{q}_n - q_n),$$

no qual o operador \cdot representa o produto interno de dois vetores definido pela soma dos produtos componente a componente dos dois vetores multiplicados, como no exemplo abaixo:

$$\mathbf{p} \cdot \mathbf{q} = \sum_{i=1}^n p_i q_i.$$

Usando essa notação, apresentamos mais quatro definições:

$w_i(p, q) = \frac{p_i q_i}{p \cdot q}$ é a participação do bem i no total de gastos dos consumidores calculado considerando vetor de quantidades vendidas q e o vetor de preços p ;

$w(p, q) = (w_1(p, q), w_2(p, q), \dots, w_n(p, q))$ é o vetor dessas participações;

$s_i(t) = w_i[p(t), q(t)] = w_i[\tilde{p}(t), \tilde{q}(t)]$ é a participação do bem i no total dos gastos dos consumidores calculada aos preços e quantidades vigentes no período t ; e

$s(t) = (s_1(t), s_2(t), \dots, s_n(t))$ é o vetor dessas participações.

3.2 Uma medida de distorção econômica

Para um produto individual i , em um período específico, uma medida da distorção econômica provocada por erros de medida pode ser definida por

$$DE_i = \tilde{p}_i \tilde{q}_i - \tilde{p}_i q_i = \tilde{p}_i (\tilde{q}_i - q_i) = v_i - \tilde{p}_i q_i. \quad (1)$$

Em palavras, esse indicador mostra de quanto poderia ser reduzido o gasto dos consumidores caso seu consumo efetivo do bem em questão não fosse alterado, os erros de medida fossem eliminados e o bem fosse negociado a seu preço aparente.

A distorção econômica de um produto em determinado período é o valor do total de erros de medidas associados à venda aos consumidores desse produto, avaliado ao preço médio aparente dessa venda. Ele indica, se seu sinal for negativo, a perda de valor, avaliada aos preços aparentes, do consumo realizado decorrente dos erros de medida na quantidade ou, se seu sinal for positivo, o ganho de valor decorrente desses erros.⁶

A soma dessas medidas de distorção econômica para todos os bens é a medida de distorção econômica (DE) para o conjunto de bens considerados e é dada pela expressão

$$DE = \tilde{p} \cdot (\tilde{q} - q) = v - \tilde{p} \cdot q \quad (2)$$

Por vezes, é interessante representar essa medida de distorção econômica de modo relativo, isso é, conforme sua relação com o valor econômico total dos bens consumidos. Para tal definimos o índice de distorção econômica relativa $IDER$ como

$$IDER = \frac{DE}{\tilde{p} \cdot \tilde{q}} = 1 - \frac{\tilde{p} \cdot q}{\tilde{p} \cdot \tilde{q}} \quad (3)$$

Enquanto a medida de distorção econômica (DE) é um indicador monetário, em um sentido a ser explicado mais adiante, da perda total, caso negativa, ou ganho total, caso positiva, de bem-estar dos consumidores em virtude das distorções geradas pelos erros de medida, o índice relativo de distorção econômica é uma medida dessa perda ou desse ganho por real dispendido.

Uma fórmula alternativa para $IDER$, que faz referência ao vetor de erros relativos, e , e ao vetor de participações no valor das vendas ao consumidor, s , tal como definidos na seção 3.1, e não

⁶Uma medida de alternativa de distorção econômica seria dada por

$$DE_i = p_i \tilde{q}_i - p_i q_i = p_i (\tilde{q}_i - q_i).$$

Essa medida indicaria quanto os consumidores precisariam gastar a mais para aos preços efetivos atingir um consumo efetivo igual ao consumo aparente.

diretamente a quantidades e preços é derivada abaixo:

$$\begin{aligned}
 IDER &= 1 - \frac{\tilde{\mathbf{p}} \cdot \mathbf{q}}{\tilde{\mathbf{p}} \cdot \tilde{\mathbf{q}}} \\
 &= 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \tilde{p}_i q_i}{\tilde{\mathbf{p}} \cdot \tilde{\mathbf{q}}} \\
 &= 1 - \sum_{i=1}^n \frac{\tilde{p}_i \tilde{q}_i q_i}{\tilde{\mathbf{p}} \cdot \tilde{\mathbf{q}} \tilde{q}_i} \\
 &= 1 - \sum_{i=1}^n \frac{\tilde{p}_i \tilde{q}_i}{\tilde{\mathbf{p}} \cdot \tilde{\mathbf{q}}} \frac{\tilde{q}_i - [q_i - q_i]}{\tilde{q}_i} \\
 &= 1 - \sum_{i=1}^n \frac{\tilde{p}_i \tilde{q}_i}{\tilde{\mathbf{p}} \cdot \tilde{\mathbf{q}}} \left[1 - \frac{q_i - q_i}{\tilde{q}_i} \right] \\
 &= \sum_{i=1}^n \frac{\tilde{p}_i \tilde{q}_i}{\tilde{\mathbf{p}} \cdot \tilde{\mathbf{q}}} \frac{q_i - q_i}{\tilde{q}_i}.
 \end{aligned}$$

A fração $\frac{\tilde{p}_i \tilde{q}_i}{\tilde{\mathbf{p}} \cdot \tilde{\mathbf{q}}}$ é a participação do bem i, s_i . Já a fração $\frac{q_i - q_i}{\tilde{q}_i}$ é o erro relativo de medida do bem i na data t, e_i , conforme definido na seção 3.1. Portanto,

$$IDER = \sum_{i=1}^n s_i e_i = \mathbf{s} \cdot \mathbf{e} \quad (4)$$

Esse resultado mostra que o *IDER* é a média, ponderada pelas participações dos bens no valor das vendas, dos erros relativos médios de medida de cada um dos bens.

3.3 Interpretação da medida da distorção econômica

Na literatura sobre avaliação do impacto de bem-estar econômico dos consumidores duas medidas teóricas são frequentemente citadas. São elas as, assim chamadas, *variação compensatória* e *variação equivalente*. Essas medidas definidas em relação a qualquer mudança nas condições de acesso a bens e serviços por parte de um consumidor, por exemplo, em decorrência de uma variação de renda ou de preço ou ainda da imposição de algum racionamento no consumo de um bem.

A variação compensatória associada a uma mudança desse tipo corresponde à variação na renda do consumidor necessária para fazer com que, após a ocorrência da mudança em pauta, o consumidor

volte a usufruir de exatamente o mesmo nível de bem-estar que usufruía antes dessa mudança.⁷ O termo “*variação compensatória*” é usado porque essa variação de renda compensaria qualquer efeito da mudança sobre o bem-estar do consumidor, devolvendo-o ao nível de bem-estar inicial.

A variação equivalente, associada à mesma mudança corresponde à variação na renda do consumidor que, caso aplicada antes da mudança verificada nas condições de acesso a bens do consumidor, geraria variação de bem-estar igual à gerada por essa mudança. O termo *variação equivalente* é usado para representar o fato de que essa variação gera um impacto de bem-estar equivalente ao gerado pela mudança observada nas condições de acesso a bens e serviços.⁸

É possível mostrar que a medida de distorção econômica definida em (2) constitui um piso para a medida da perda de bem estar do consumidor dada pela variação equivalente referente a uma mudança de uma situação hipotética inicial na qual não há erro de medida nas quantidades negociadas dos bens e o consumidor pode adquirir os bens aos preços aparentes, $\tilde{\mathbf{p}}$, gastando um valor v , para uma situação final, correspondente à situação efetiva, na qual o consumidor deve gastar o mesmo valor v para adquirir bens e serviços ao preço efetivo \mathbf{p} . Assim, caso $DE > 0$, ela indicará que os erros de medida equivalem a uma perda de renda dos consumidores de montante ao menos igual ao valor absoluto de DE . Não é possível, todavia, afirmar com certeza que, o consumidor experimenta algum benefício quando se $DE < 0$, visto que o valor de DE é apenas um teto para a variação equivalente, e portanto, $DE > 0$ não implica necessariamente que a variação equivalente é positiva, o que, se verdade indicaria um ganho de bem estar para o consumidor.

Podemos expressar a medida total da distorção econômica como função do índice de distorção

⁷ A rigor, a chamada variação compensatória é o negativo dessa variação de renda. Com isso, mudanças associadas a variações compensatórias positivas são mudanças nas quais há ganho de bem-estar e mudanças com variações compensatórias negativas são mudanças associadas a perda de bem-estar.

⁸ Para uma explicação completa e detalhada das aplicações dos conceitos de variação compensatória e de variação equivalente, veja Varian (1992, capítulo 10). Uma explicação um pouco menos técnica pode ser encontrada em Varian (2012, Capítulo 14).

Assim como ocorre com o conceito de variação compensatória, uma mudança nas condições de acesso a bens e serviços por parte de um consumidor cuja variação equivalente seja positiva está associada a um ganho de bem-estar por parte do consumidor e uma mudança nessas condições cuja variação equivalente seja negativa, está associada a uma perda de bem-estar.

econômica relativa, remanejando os termos a definição desse índice na expressão (3) para chegarmos a

$$DE = IDER \times \tilde{\mathbf{p}} \cdot \tilde{\mathbf{q}} = v \times IDER = v \times \left(1 - \frac{\tilde{\mathbf{p}} \cdot \mathbf{q}}{\tilde{\mathbf{p}} \cdot \tilde{\mathbf{q}}}\right). \quad (5)$$

Isso indica que o sinal da distorção econômica será positivo ou negativo e, conseqüentemente, o consumidor será prejudicado ou beneficiado pelos erros de medida se, e somente se, a razão $\frac{\tilde{\mathbf{p}} \cdot \mathbf{q}}{\tilde{\mathbf{p}} \cdot \tilde{\mathbf{q}}}$ for, respectivamente, menor ou maior do que 1. Tal razão é o chamado índice de Laspeyres de quantidade associado a uma mudança entre uma situação inicial na qual não há erro de medida nas quantidades negociadas dos bens e o consumidor adquire as quantidades $\tilde{\mathbf{q}}$ aos preços aparentes $\tilde{\mathbf{p}}$ gastando um valor v , para uma situação final, correspondente à situação efetiva, na qual o consumidor adquire as quantidades efetivas \mathbf{q} gastando o mesmo valor v aos preços efetivos \mathbf{p} . Esse resultado é consistente com a teoria dos índices de preços, segundo a qual um índice de Laspeyres de quantidade maior do que 1 implica ganho de bem-estar para o consumidor.⁹

3.4 Comparação intertemporal

Suponha que a medida da distorção econômica em um determinado período, t , $DE(t)$ tenha se mostrado maior do que a medida da distorção econômica em um outro período, τ , $DE(\tau)$. Essa diferença pode ser resultado de um ou mais dos seguintes fatores: variações nos erros percentuais de medida dos bens considerados; variações nas quantidades transacionada desses bens e variações nos preços desses bens. Por exemplo, ainda que os erros médios de medida das quantidades de todos os bens permaneçam inalterados entre os períodos t e τ , se os preços em t forem, digamos, 10% superiores aos preços em τ , então $DE(t)$ será 10% superior a $DE(\tau)$. O mesmo ocorreria caso as quantidades transacionadas subissem 10% entre os dois períodos.

Como os efeitos da metrologia legal se fazem perceber apenas sobre um desses fatores é conveniente, para efeito de avaliação da evolução da aplicação de sistemas de controle metrológico, separar os efeitos decorrentes de variações nos erros percentuais de medida dos efeitos de variações em preços e quantidades. À primeira vista poderia parecer que o uso do índice de

⁹ Uma boa apresentação da relação entre índices de quantidade e de preços e a teoria do bem-estar do consumidor pode ser encontrada em Varian (2012, capítulo 7, em especial, seção 7.4).

distorção econômica relativa (*IDER*), tal como definido nas expressões (3) e (4), seria suficiente para capturar os efeitos sobre o valor da distorção econômica. Tal interpretação seria compatível com os exemplos do parágrafo anterior (aumento de 10% no preço ou na quantidade transacionada), mas falha quando consideramos a possibilidade de que os preços e as quantidades transacionadas podem variar em proporções diferentes de bem para bem. Para ilustrar, considere um caso simplificado em que a distorção econômica é calculada a partir das observações de quantidades e preços de apenas dois bens denominados bem 1 e bem 2. As quantidades nominais e reais assim como os preços nominais nas datas τ e t dos dois bens são ilustradas na Tabela 2, na qual o subscrito indica o bem considerado.

Tabela 2: Exemplo hipotético ilustrando o efeito dos preços sobre o *IDER*.

Variável	Período	
	τ	t
\tilde{q}_1	100	100
\tilde{q}_2	50	50
\tilde{p}_1	1	1
\tilde{p}_2	5	8
q_1	98	99
q_2	45	45

Como se vê, no exemplo, as quantidades nominais de cada um dos bens não varia entre os períodos τ e t . O mesmo ocorre com a quantidade real transacionada do bem 2. Mas, para o bem 1, a quantidade real cresce em virtude de uma redução no erro de sua medida. O preço nominal do bem 1 permanece inalterado entre as datas τ e t , mas o preço nominal do bem 2 sobe de R\$5,00 por unidade na data τ para R\$8,00 por unidade na data t . Ao calcularmos o valor da distorção econômica na data τ , encontramos

$$\begin{aligned} DE(\tau) &= \tilde{p}_1(\tau)[\tilde{q}_1(\tau) - q_1(\tau)] + \tilde{p}_2(\tau)[\tilde{q}_2(\tau) - q_2(\tau)] \\ &= 1 \times (100 - 98) + 5 \times (50 - 45) = 27. \end{aligned}$$

Na data t tal valor passa a ser

$$\begin{aligned} DE(t) &= \tilde{p}_1(t)[\tilde{q}_1(t) - q_1(t)] + \tilde{p}_2(t)[\tilde{q}_2(t) - q_2(t)] \\ &= 1 \times (100 - 99) + 8 \times (50 - 45) = 41. \end{aligned}$$

Portanto, a medida da distorção econômica aumentou entre as duas datas. Tal variação é explicada pelo aumento no preço do bem 2, tal aumento implica em um aumento na medida do erro desse

bem (que não se alterou) quando expressa em valores monetários. Tal aumento é superior à redução na medida do erro do bem 1 que decorre, efetivamente de uma redução de erro de medida. Tal efeito, não é, no caso desse exemplo, eliminado quando se considera o índice de distorção econômica relativa. Com efeito, ao calcular tal índice de acordo com a expressão obtemos, para o período τ ,

$$IDER(\tau) = \frac{DE(\tau)}{\tilde{p}_1(\tau)\tilde{q}_1(\tau) + \tilde{p}_2(\tau)\tilde{q}_2(\tau)} = \frac{27}{1 \times 100 + 5 \times 50} = 7,7\%,$$

e, para o período t ,

$$IDER(t) = \frac{DE(t)}{\tilde{p}_1(t)\tilde{q}_1(t) + \tilde{p}_2(t)\tilde{q}_2(t)} = \frac{41}{1 \times 100 + 8 \times 50} = 8,2\%.$$

Portanto também há uma elevação no índice de distorção econômica relativa quando consideramos as mudanças verificadas entre as datas τ e t . Isso ocorre porque o *IDER* também é afetado pela variação no preço do bem 2. Isso fica mais claro quando aplicamos a expressão (4) no cálculo do *IDER* para as datas τ e t utilizando os dados da Tabela 1. Primeiramente, calculamos os erros relativos e as participações de cada bem no valor da cesta nas duas datas como se segue:

$$e_1(\tau) = \frac{100 - 98}{100} = \frac{1}{50} = 2\%,$$

$$e_1(t) = \frac{100 - 99}{100} = \frac{1}{100} = 1\%,$$

$$e_2(\tau) = e_2(t) = \frac{50 - 45}{50} = \frac{1}{10} = 10\%,$$

$$s_1(\tau) = \frac{1 \times 100}{1 \times 100 + 5 \times 50} = \frac{2}{7} = 28,6\%,$$

$$s_1(t) = \frac{1 \times 100}{1 \times 100 + 8 \times 50} = \frac{1}{5} = 20,0\%,$$

$$s_2(\tau) = \frac{5 \times 50}{1 \times 100 + 5 \times 50} = \frac{5}{7} = 71,4\%$$

e

$$s_2(t) = \frac{8 \times 50}{1 \times 100 + 8 \times 50} = \frac{4}{5} = 80\%.$$

Usando esses valores na expressão (4), obtemos

$$IDER(\tau) = s_1(\tau)e_1(\tau) + s_2(\tau)e_2(\tau) = \frac{2}{7} \frac{1}{50} + \frac{5}{7} \frac{1}{10} = 7,7\%$$

e

$$IDER(t) = s_1(t)e_1(t) + s_2(t)e_2(t) = \frac{1}{5} \times \frac{1}{100} + \frac{4}{5} \frac{1}{10} = 8,2\%,$$

Como deveríamos esperar, esses valores coincidem com os previamente calculados. Porém, fica mais visível o que causou o aumento no *IDER*: em virtude do aumento no preço do bem 2, seu peso no valor total da cesta de bens subiu de $s_2(\tau) = 71,4\%$ para $s_1(t) = 80\%$. Isso provocou uma elevação na participação do item de maior erro relativo no cálculo do *IDER* o que resultou em um aumento desse índice apesar da redução no erro relativo do bem 1 de 2% para 1%.

Vê-se, portanto, que o preço de um bem, afeta o valor do *IDER*, ao afetar o peso do erro relativo desse bem em sua composição. No exemplo da Tabela 1, o *IDER* aumenta entre as datas τ e t porque o aumento no preço do bem 2 faz com que o peso relativo desse bem no valor da cesta de bens considerada no cálculo do índice aumente. Como o erro relativo do bem 2 é elevado, isso acaba resultando em um efeito superior ao efeito com sinal contrário decorrente da redução no erro relativo do bem 1.

3.4.1 Decomposição da variação na medida de desigualdade econômica para um único bem.

Inicialmente, vamos decompor a variação no valor da distorção econômica de um único bem, calculada entre duas datas, τ e t . Combinando a equação (1) com a definição do erro relativo de medida tal como apresentada no item 3.1, podemos notar tal distorção assume nessas datas os seguintes valores:

$$DE_i(\tau) = \tilde{p}_i(\tau)[\tilde{q}_i(\tau) - q_i(\tau)] = \tilde{p}_i(\tau)\tilde{q}_i(\tau) \frac{\tilde{q}_i(\tau) - q_i(\tau)}{\tilde{q}_i(\tau)} = \tilde{p}_i(\tau)\tilde{q}_i(\tau)e_i(\tau)$$

$$DE_i(t) = \tilde{p}_i(t)[\tilde{q}_i(t) - q_i(t)] = \tilde{p}_i(t)\tilde{q}_i(t) \frac{\tilde{q}_i(t) - q_i(t)}{\tilde{q}_i(t)} = \tilde{p}_i(t)\tilde{q}_i(t)e_i(t)$$

Assim, a variação no valor da distorção econômica do bem i entre as duas datas é

$$DE_i(t) - DE_i(\tau) = \tilde{p}_i(t)\tilde{q}_i(t)e_i(t) - \tilde{p}_i(\tau)\tilde{q}_i(\tau)e_i(\tau)$$

Definindo $\Delta\tilde{p}_i = \tilde{p}_i(t) - \tilde{p}_i(\tau)$, $\Delta\tilde{q}_i = \tilde{q}_i(t) - \tilde{q}_i(\tau)$ e $\Delta e_i = e_i(t) - e_i(\tau)$, tal variação pode ser reescrita como

$$DE_i(t) - DE_i(\tau) = [\tilde{p}_i(\tau) + \Delta p][\tilde{q}_i(\tau) + \Delta q][e_i(\tau) + \Delta e] - \tilde{p}_i(\tau)\tilde{q}_i(\tau)e_i(\tau). \quad (6)$$

Expandindo essa expressão, chega-se a

$$\begin{aligned} DE_i(t) - DE_i(\tau) = & \Delta e_i\tilde{q}_i(\tau)\tilde{p}_i(\tau) + \Delta\tilde{q}_ie_i(\tau)\tilde{p}_i(\tau) + \Delta\tilde{p}_ie_i(\tau)\tilde{q}_i(\tau) + \Delta e_i\Delta\tilde{q}_i\tilde{p}_i(\tau) \\ & + \Delta e_i\Delta\tilde{p}_i\tilde{q}_i(\tau) + \Delta\tilde{q}_i\Delta\tilde{p}_ie_i(\tau) + \Delta e_i\Delta\tilde{q}_i\Delta\tilde{p}_i \end{aligned} \quad (7)$$

A equação (7) mostra que a variação na medida da distorção econômica associada a um único bem pode ser dividida em sete componentes cujos significados são interpretados abaixo:

- I. $\Delta e_i\tilde{q}_i(\tau)\tilde{p}_i(\tau)$ é o efeito isolado da variação no erro relativo de medida desse bem, ou seja, a variação no valor da distorção econômica entre as duas datas consideradas resultante da variação no erro relativo de medida considerando-se inalterados o preço e a quantidade consumida do bem;
- II. $\Delta\tilde{q}_ie_i(\tau)\tilde{p}_i(\tau)$ é o efeito isolado da variação na quantidade consumida desse bem, ou seja, a variação no valor da distorção econômica entre as duas datas consideradas resultante da variação na quantidade consumida desse bem considerando-se inalterados o preço e o erro relativo de medida associado a esse bem;
- III. $\Delta\tilde{p}_ie_i(\tau)\tilde{q}_i(\tau)$ é o efeito isolado da variação no preço desse bem, ou seja, a variação no valor da distorção econômica entre as duas datas consideradas resultante da variação no preço desse bem considerando-se inalterados a quantidade e o erro relativo de medida associado a esse bem;
- IV. $\Delta e_i\Delta\tilde{q}_i\tilde{p}_i(\tau)$ é o efeito da variação no erro relativo de medida conjugada com a variação na quantidade consumida do bem; esse efeito deve ser somado aos efeitos I e II para se obter a variação no valor da distorção econômica que ocorreria em virtude das variações no erro relativo de medida e na quantidade consumida, assumindo-se que o preço do bem permaneça constante;
- V. $\Delta e_i\Delta\tilde{p}_i\tilde{q}_i(\tau)$ é o efeito da variação no erro relativo de medida conjugada com a variação no preço desse bem; esse efeito deve ser somado aos efeitos I e III para se obter a variação no valor da distorção econômica que ocorreria em virtude das variações no erro relativo de medida e no preço do bem, assumindo-se que sua quantidade consumida permaneça constante;

- VI. $\Delta\tilde{q}_i\Delta\tilde{p}_i e_i(\tau)$ é o efeito da variação da quantidade consumida conjugada com a variação no preço desse bem; esse efeito deve ser somado aos efeitos II e III para se obter a variação no valor da distorção econômica que ocorreria em virtude das variações na quantidade consumida e no preço do bem, assumindo-se que erro relativo de medida permaneça constante; e
- VII. $\Delta e_i\Delta\tilde{q}_i\Delta\tilde{p}_i$ é o efeito conjugado das variações no erro relativo de medida, na quantidade consumida e no preço do bem entre as datas consideradas; tal resultado deve ser somado aos efeitos I a VI acima para que se obtenha a variação total na medida da distorção econômica.

3.4.2 Decomposição da medida da distorção econômica de uma cesta de bens

Fazendo a decomposição acima para cada um dos bens de uma cesta e somando os valores obtidos para cada um dos respectivos termos, chega-se a

$$\begin{aligned}
 DE_i - DE_i = & \sum_{i=1}^n \Delta e_i \tilde{q}_i(\tau) \tilde{p}_i(\tau) + \sum_{i=1}^n \Delta \tilde{q}_i e_i(\tau) \tilde{p}_i(\tau) + \sum_{i=1}^n \Delta \tilde{p}_i e_i(\tau) \tilde{q}_i(\tau) \\
 & + \sum_{i=1}^n \Delta e_i \Delta \tilde{q}_i \tilde{p}_i(\tau) + \sum_{i=1}^n \Delta e_i \Delta \tilde{p}_i \tilde{q}_i(\tau) + \sum_{i=1}^n \Delta \tilde{q}_i \Delta \tilde{p}_i e_i(\tau) + \sum_{i=1}^n \Delta e_i \Delta \tilde{q}_i \Delta \tilde{p}_i
 \end{aligned} \quad (8)$$

A expressão (8) apresenta uma decomposição do valor da distorção econômica agregada na qual cada somatório tem a mesma interpretação do respectivo termo na expressão (7). Todavia, essa decomposição é de pouca utilidade quando se trata de decompor a variação no índice de distorção econômica relativa, *IDER*.

Para realizar a decomposição desse índice em indicadores que possam ser úteis na condução da avaliação do desempenho dos órgãos de fiscalização de pesos e medidas, convém rearranjar a expressão (7) obtendo

$$\begin{aligned}
 DE_i(t) - DE_i(\tau) = & \Delta e_i \tilde{q}_i(\tau) \tilde{p}_i(\tau) + [e_i(\tau) + \Delta e_i][\Delta \tilde{q}_i \tilde{p}_i(\tau) + \Delta \tilde{p}_i \tilde{q}_i(\tau) + \Delta \tilde{q}_i \Delta \tilde{p}_i] \\
 = & \Delta e_i \tilde{q}_i(\tau) \tilde{p}_i(\tau) + e_i(t) \{ [\tilde{p}_i(\tau) + \Delta \tilde{p}_i][\tilde{q}_i(\tau) + \Delta \tilde{q}_i] - \tilde{p}_i(\tau) \tilde{q}_i(\tau) \} \\
 = & \Delta e_i \tilde{q}_i(\tau) \tilde{p}_i(\tau) + e_i(t) [\tilde{p}_i(t) \tilde{q}_i(t) - \tilde{p}_i(\tau) \tilde{q}_i(\tau)]
 \end{aligned} \quad (9)$$

A expressão acima decompõe a variação no valor da distorção econômica do bem *i* em duas partes: o efeito isolado da variação no erro relativo de medida, considerando o preço e a quantidade da data inicial, $\Delta e_i \tilde{q}_i(\tau) \tilde{p}_i(\tau)$, e o efeito conjugado das variações no preço e na quantidade considerando o erro relativo da data final, $e_i(t) [\tilde{p}_i(t) \tilde{q}_i(t) - \tilde{p}_i(\tau) \tilde{q}_i(\tau)]$. Usando a definição de $s_i(t)$ apresentada no item 3.1, podemos substituir $\tilde{p}_i(\tau) \tilde{q}_i(\tau)$ e $\tilde{p}_i(t) \tilde{q}_i(t)$ por, respectivamente,

$s_i v(t)$ e $s_i v(\tau)$, sendo $v(\tau)$ e $v(t)$ os valores das cestas de bens consumidas nas datas τ e t , respectivamente, ou seja, $v(\tau) = p(\tau) \cdot q(\tau)$ e $v(t) = p(t) \cdot q(t)$, para obter, após algumas manipulações,

$$\begin{aligned} DE_i(t) - DE_i(\tau) &= \Delta e_i s_i(\tau) v(\tau) + e_i(t) [s_i(t) v(t) - s_i(\tau) v(\tau)] \\ &= \Delta e_i s_i(\tau) v(\tau) + e_i(t) [s_i(t) v(t) - s_i(t) v(\tau) + s_i(t) v(\tau) - s_i(\tau) v(\tau)] \\ &= v(\tau) \{ [e_i(t) - e_i(\tau)] s_i(\tau) + e_i(t) [s_i(t) - s_i(\tau)] \} + e_i(t) s_i(t) [v(t) - v(\tau)] \end{aligned}$$

Somando-se essa expressão para todos os bens considerados, chega-se a

$$DE(t) - DE(\tau) = v(\tau) \{ \mathbf{s}(\tau) \cdot [\mathbf{e}(t) - \mathbf{e}(\tau)] + \mathbf{e}(t) \cdot [\mathbf{s}(t) - \mathbf{s}(\tau)] \} + \mathbf{e}(t) \cdot \mathbf{s}(t) [v(t) - v(\tau)] \quad (10)$$

3.4.2.1 Significado do primeiro termo à direita da equação (10)

Expandindo o termo entre chaves obtém-se

$$\mathbf{s}(\tau) \cdot [\mathbf{e}(t) - \mathbf{e}(\tau)] + \mathbf{e}(t) \cdot [\mathbf{s}(t) - \mathbf{s}(\tau)] = \mathbf{s}(t) \cdot \mathbf{e}(t) - \mathbf{s}(\tau) \cdot \mathbf{e}(\tau) = IDER(t) - IDER(\tau).$$

Substituindo esse resultado e fazendo $\mathbf{e}(t) \cdot \mathbf{s}(t) = IDER(t)$ na equação (10), chega-se a

$$DE(t) - DE(\tau) = v(\tau) [IDER(t) - IDER(\tau)] + IDER(t) [v(t) - v(\tau)] \quad (11)$$

Isso indica que a variação no valor da distorção econômica associada a uma cesta de bens pode ser decomposta em duas partes: a primeira delas, $v(\tau) [IDER(t) - IDER(\tau)]$, corresponde ao impacto sobre esse valor dessa desigualdade causado pela variação no índice de distorção econômica relativa considerando-se o valor da cesta de bens da data inicial, τ ; já a segunda parte, $IDER(t) [v(t) - v(\tau)]$ corresponde à variação da medida da distorção econômica decorrente da variação no valor da cesta de bens com base no $IDER$ da data final, t .

Ao invés de derivar a equação (11) a partir da equação (7) como foi feito aqui, ela também poderia ser derivada de modo mais direto, embora menos esclarecedor, pois não explicita como a decomposição da distorção econômica total é obtida a partir da decomposição da distorção econômica associada a cada bem, utilizando-se a definição (3), segundo a qual $IDER = \frac{DE}{\bar{p} \cdot \bar{q}} = \frac{DE}{v}$, o que implica $DE = v \times IDER$. Assim,

$$DE(t) - DE(\tau) = v(t) IDER(t) - v(\tau) IDER(\tau) \quad (12)$$

Somando e subtraindo $v(\tau) IDER(t)$ no lado direito dessa expressão, obtém-se

$$\begin{aligned} DE(t) - DE(\tau) &= v(\tau) IDER(t) - v(\tau) IDER(\tau) + v(t) IDER(t) - v(\tau) IDER(t) \\ &= v(\tau) [IDER(t) - IDER(\tau)] + IDER(t) [v(t) - v(\tau)]. \end{aligned}$$

Esse resultado é idêntico ao da equação (11).

A equação (12) pode ser empregada para derivar rapidamente uma outra possível decomposição da variação no DE . Para tal, ao invés de somar e subtrair $v(\tau) IDER(t)$ do lado direito dessa expressão, soma-se e subtrai-se desse lado $v(t) IDER(\tau)$, chegando-se a

$$\begin{aligned} DE(t) - DE(\tau) &= v(t)IDER(t) - v(t)IDER(\tau) + v(t)IDER(\tau) - v(\tau)IDER(\tau) \\ &= v(t)[IDER(t) - IDER(\tau)] + IDER(\tau)[v(t) - v(\tau)] \end{aligned} \quad (13)$$

A equação (11) decompõe a variação no valor da distorção econômica como o resultado da aplicação das alterações no *IDER* e em *v* em uma primeira etapa, na qual a variável *v* é mantida constante em seu valor inicial $v(\tau)$ e o *IDER* sofre a variação de $IDER(\tau)$ para $IDER(t)$, o que resulta na variação $v(\tau)[IDER(t) - IDER(\tau)]$, e uma segunda etapa, na qual o *IDER* é mantido constante em seu valor final, $IDER(t)$, e o valor da cesta de bens varia de $[v(t) - v(\tau)]$, o resulta na variação associada a essa segunda etapa dada por $IDER(t)[v(t) - v(\tau)]$. Já, na equação (13), na primeira etapa, é o *IDER* que é mantido constante em seu valor inicial, $IDER(\tau)$, que é multiplicado pela variação no valor da cesta de bens, o que resulta na variação $IDER(\tau)[v(t) - v(\tau)]$ à qual é adicionado, em uma segunda etapa, o valor decorrente do efeito da variação no *IDER*, quando o valor da cesta de bens é mantido constante em seu nível final $v(t)$, o que resulta na variação adicional $v(t)[IDER(t) - IDER(\tau)]$.

Colocando em outras palavras, tanto a equação (11) quanto a equação (13) decompõem da variação na medida da distorção econômica em um efeito da variação no *IDER*, $v(\tau)[IDER(t) - IDER(\tau)]$ na equação (11) e $v(t)[IDER(t) - IDER(\tau)]$ na equação (13), e um efeito da variação no valor da cesta de bens, $IDER(t)[v(t) - v(\tau)]$ na equação (11) e $IDER(\tau)[v(t) - v(\tau)]$. A diferença entre as duas equações é que, enquanto a equação (11) calcula o efeito da variação no *IDER* ao valor inicial da cesta de bens, a equação (13) calcula esse efeito ao valor final dessa cesta e, enquanto a equação (11) calcula o efeito da variação no valor da cesta ao *IDER* final, a equação (13) calcula esse efeito ao *IDER* inicial.

Dos dois efeitos nos quais a variação no valor da distorção econômica é decomposta nas equações (11) e (13), certamente o mais relevante do ponto de vista da avaliação da efetividade dos órgãos de controle da metrologia legal é o efeito da variação no *IDER*, pois a variação no valor da cesta de bens e, conseqüentemente, seu efeito sobre o valor da medida da distorção econômica, depende apenas de variações de preço e quantidade, variações essas que estão fora do controle dos órgãos da metrologia legal. Já o *IDER* é uma média dos erros relativos de medida, erros esses que tais órgãos procuram minimizar. Porém, conforme já ilustrado, também o *IDER* é afetado por variações em preços e quantidades, pois o *IDER* é uma média dos erros relativos de medida ponderada pelas participações de cada um dos bens no valor total da cesta, participações essas que são afetadas por variações em preços e quantidades.

Desse modo, uma decomposição da variação do *IDER* em uma parte que dependa apenas das

variações nos erros relativos e outra que dependa das variações nas participações de cada bem no valor total da cesta de bens é desejável. Tal decomposição já se encontra pronta no termo entre chaves da equação (10) que, conforme visto, representa exatamente a variação no *IDER*. Desse modo,

$$IDER(t) - IDER(\tau) = s(\tau) \cdot [e(t) - e(\tau)] + e(t) \cdot [s(t) - s(\tau)]. \quad (14)$$

O termo $s(\tau) \cdot [e(t) - e(\tau)]$ é o efeito sobre o *IDER* das variações dos erros relativos de medida, $e(t) - e(\tau)$, entre as datas τ e t , calculado com base nas participações dos bens no valor total da cesta da data inicial τ , $s(\tau)$. Já o termo $e(t) \cdot [s(t) - s(\tau)]$ corresponde ao efeito das variações das participações dos diversos bens sobre o *IDER* calculado com base nos erros relativos de medida da data final, $e(t)$.

De forma similar ao que foi feito na dedução da equação (13), podemos usar a identidade $IDER(t) - IDER(\tau) = s(t) \cdot e(t) - s(\tau) \cdot e(\tau)$ para fazer a decomposição alternativa da variação no índice de distorção econômica relativo a seguir:

$$IDER(t) - IDER(\tau) = s(t) \cdot [e(t) - e(\tau)] + e(\tau) \cdot [s(t) - s(\tau)]. \quad (15)$$

Diferentemente da equação (14), a equação (15) usa as participações dos bens no valor total da cesta da data final para calcular o efeito da variação no erro relativo e o erro relativo da data inicial para calcular o efeito da variação nas participações dos bens no valor total da cesta de referência.

Para efeito da avaliação da efetividade de uma política de controle de pesos e medidas, os primeiros termos das equações (14), $s(\tau) \cdot [e(t) - e(\tau)]$, e (15), $s(t) \cdot [e(t) - e(\tau)]$, indicam se, em média, os erros relativos de medida estão aumentando, caso esses termos tenham sinal positivo, ou diminuindo, caso tenham sinal negativo. Um sinal positivo para esses termos indica, portanto, a necessidade de um aumento de esforços fiscalizatórios para mitigar o crescimento na distorção econômica decorrente de erros de medida. Já os termos que complementam os lados direitos dessas equações, $e(t) \cdot [s(t) - s(\tau)]$, para a equação (14), e $e(\tau) \cdot [s(t) - s(\tau)]$, para a equação (15) indicam efeitos de mudança nas importâncias relativas dos diversos bens que compõe a cesta de consumo da população. Um eventual sinal positivo para esses termos é um alerta para que os órgãos fiscalizatórios redirecionem seus esforços para fiscalizar com maior intensidade aqueles bens que possuem maior importância nessa cesta de consumo.

Cumpra observar que, embora a soma dos dois termos à direita da equação (14) seja sempre igual à soma dos dois termos à direita da equação (15), cada termo de uma equação é usualmente diferente do termo equivalente na outra equação. Em particular, pode ocorrer que o sinal do impacto da variação nos erros relativos de medida calculado na equação (14) tenha sinal contrário

a valor correspondente ao mesmo impacto na equação (15). Considerando que os esforços do órgão delegado foram planejados com base nas informações do período inicial, julgamos que seja mais adequado realizar a decomposição da variação do *IDER* empregando a equação (14).

3.4.2.2 Significado do segundo termo à direita da equação (10)

Consideremos agora o segundo termo à direita da equação (10), $e(t) \cdot s(t)[v(t) - v(\tau)]$. Trata-se de um termo de importância relativamente menor, por refletir os efeitos das variações nos preços e quantidades dos bens consumidos pelos consumidores, ou seja, de variáveis que não estão sob a influência das políticas de fiscalização de pesos e medidas. Ainda assim, é possível que se queira decompor esse efeito em um efeito decorrente de variação nas quantidades e um efeito decorrente de variações nos preços. Para tanto, note-se que a variação no valor das vendas aos consumidores, $v(t) - v(\tau)$, pode ser decomposta em um efeito da variação de preços e um efeito da variação de quantidade conforme abaixo

$$\begin{aligned} v(t) - v(\tau) &= \tilde{p}(t) \cdot \tilde{q}(t) - \tilde{p}(\tau) \cdot \tilde{q}(\tau) \\ &= [\tilde{p}(t) - \tilde{p}(\tau)] \cdot \tilde{q}(\tau) + \tilde{p}(t) \cdot [\tilde{q}(t) - \tilde{q}(\tau)] \end{aligned}$$

Isso indica que a variação no valor das vendas aos consumidores poderia ser decomposta em dois componentes. O primeiro deles, $[\tilde{p}(t) - \tilde{p}(\tau)] \cdot \tilde{q}(\tau)$, corresponde ao efeito da variação nos preços, e, o segundo, $\tilde{p}(t) \cdot [\tilde{q}(t) - \tilde{q}(\tau)]$, ao efeito da variação nas quantidades.¹⁰ Multiplicando-se e dividindo o lado direito da expressão acima por $\tilde{p}(\tau) \cdot \tilde{q}(\tau) (= v(\tau))$, obtém-se

$$v(t) - v(\tau) = v(\tau) \left[\frac{\tilde{p}(t) \cdot \tilde{q}(t) \tilde{p}(\tau) \cdot \tilde{q}(\tau)}{\tilde{p}(\tau) \cdot \tilde{q}(\tau) \tilde{p}(\tau) \cdot \tilde{q}(\tau)} - 1 \right] \quad (16)$$

¹⁰ Na expressão, efeito da variação nos preços é calculado como a variação entre a data inicial e a data final do valor da cesta de bens contendo as quantidades verificadas na data inicial, $[\tilde{p}(t) - \tilde{p}(\tau)] \cdot \tilde{q}(\tau)$, e o efeito da variação nas quantidades corresponde à diferença entre os valores, calculados aos preços da data final, da cesta de bens da data final e da cesta de bens da data inicial, $\tilde{p}(t) \cdot [\tilde{q}(t) - \tilde{q}(\tau)]$. Alternativamente, efeito da variação nos preços poderia ser calculado como a variação entre a data inicial e a data final do valor da cesta de bens contendo as quantidades verificadas na data final, $[\tilde{p}(t) - \tilde{p}(\tau)] \cdot \tilde{q}(t)$, e o efeito da variação nas quantidades corresponde à diferença entre os valores, calculados aos preços da data inicial, da cesta de bens da data final e da cesta de bens da data inicial, $\tilde{p}(\tau) \cdot [\tilde{q}(t) - \tilde{q}(\tau)]$. Nesse caso, a decomposição entre os efeitos do preço e da quantidade seria descrita pela expressão

$$v(t) - v(\tau) = [\tilde{p}(t) - \tilde{p}(\tau)] \cdot \tilde{q}(t) + \tilde{p}(\tau) \cdot [\tilde{q}(t) - \tilde{q}(\tau)].$$

$\frac{\tilde{p}(t) \cdot \tilde{q}(t)}{\tilde{p}(t) \cdot \tilde{q}(\tau)}$ é o chamado *índice Paasche de quantidade* relativo às mudanças observadas entre as datas τ e t e corresponde à média harmônica dos índices de variação nas quantidades aparentes consumidas de cada bem entre essas datas ponderados pela participação de cada um desses itens no valor total do consumo na data t . Já $\frac{\tilde{p}(t) \cdot \tilde{q}(t)}{\tilde{p}(t) \cdot \tilde{q}(\tau)}$ é o *índice de Laspeyres* de preço associado às mudanças entre as datas τ e t , que corresponde à média aritmética, ponderada pelos pesos de cada um dos bens no valor total do consumo na data τ , dos índices de variação dos preços individuais entre essas datas. Chamando θ a taxa de variação no índice de Paasch de quantidade, $\theta = \frac{\tilde{p}(t) \cdot \tilde{q}(t)}{\tilde{p}(t) \cdot \tilde{q}(\tau)} - 1$, e π a taxa de inflação entre as datas τ e t medida de acordo com o índice de Laspeyres de preço, $\pi = \frac{\tilde{p}(t) \cdot \tilde{q}(\tau)}{\tilde{p}(\tau) \cdot \tilde{q}(\tau)} - 1$, podemos reescrever a equação (16) como

$$v(t) - v(\tau) = v(\tau)(\theta + \pi + \theta\pi) \quad (17)$$

3.4.2.3 Interpretação da equação 10

Substituindo a equação (17) na equação (10), chega-se à seguinte decomposição da variação no valor da distorção econômica entre duas datas, τ e t :

$$DE(t) - DE(\tau) = v(\tau)\{s(\tau) \cdot [e(t) - e(\tau)] + e(t) \cdot [s(t) - s(\tau)] + IDER(t)(\theta + \pi + \theta\pi)\} \quad (18)$$

De acordo com essa decomposição, a variação no valor da desigualdade econômica entre as datas t e τ é a soma dos termos interpretados abaixo:

- i. $v(\tau)\{s(\tau) \cdot [e(t) - e(\tau)] + e(t) \cdot [s(t) - s(\tau)]\}$ é a variação no valor de distorção econômica decorrente da variação no *IDER* entre as datas t e τ , dada pelo termo entre chaves, quando o valor da cesta de bens é mantido constante. Tal variação pode, por sua vez, ser decomposta em duas partes:
 - a. $v(\tau)s(\tau) \cdot [e(t) - e(\tau)]$ é a parte explicada pela variação de $s(\tau)[e(t) - e(\tau)]$ no *IDER*, decorrente das variações nos erros relativos assumindo-se que as participações dos bens no valor da cesta de consumo sejam iguais às verificadas na data τ ; e
 - b. $v(\tau) e(t) \cdot [s(t) - s(\tau)]$ é a parte explicada pela variação de $e(t) \cdot [s(t) - s(\tau)]$ no *IDER*, decorrente da variação nas participações relativas dos bens no valor total da cesta de consumo, assumindo-se que os erros relativos de medida sejam mantidos constantes nos valores da data t ;

- II. $v(\tau)IDER(t)(\theta + \pi + \theta\pi)$ é a variação no valor da distorção econômica decorrente da variação θ , entre as datas τ e t , no índice de Paasche de quantidade e de uma taxa de inflação, também entre essas duas datas, calculadas de acordo com o índice de Laspeyres de preços, igual a π , considerando-se que o $IDER$ seja mantido constante no valor da data t .

3.5 Exemplos

Para ilustrar os conceitos apresentados usaremos alguns exemplos numéricos simples que considerarão a existência de apenas dois bens.

Exemplo 1

No primeiro exemplo, τ é uma data inicial e t , uma data final, e, entre essas datas, preços, quantidades e erros relativos variam de acordo com o quadro abaixo:

Variável	Data	
	τ	t
\tilde{q}_1	100	103
\tilde{q}_2	50	51
\tilde{p}_1	1,00	1,10
\tilde{p}_2	1,50	1,55
e_1	2%	3%
e_2	5%	4%

Usaremos esses dados para calcular o valor da distorção econômica, DE , e o índice de distorção econômica relativa $IDER$, e decompor esses indicadores de acordo com as equações (7), (11), (14) e 18. Para tal, iniciamos expandindo o quadro inicial, calculando, para cada data, as variáveis $v_1 = \tilde{p}_1 \times \tilde{q}_1$, $v_2 = \tilde{p}_2 \times \tilde{q}_2$, $v = v_1 + v_2$, $s_1 = \frac{v_1}{v}$, $s_2 = \frac{v_2}{v}$, $DE = s_1 \times v_1 + s_2 \times v_2$ e $IDER = \frac{DE}{v}$, conforme o novo quadro abaixo:

Variável	Data		Variação
	τ	t	
\tilde{q}_1	100	103	3
\tilde{q}_2	50	51	1
\tilde{p}_1	1,00	1,10	0,10
\tilde{p}_2	1,50	1,55	0,05
e_1	2%	3%	1%
e_2	5%	4%	-1%
v_1	100,00	113,30	13,30
v_2	75,00	79,05	4,05
v	175,00	192,35	17,35
s_1	57%	59%	2%
s_2	43%	41%	-2%
DE	5,75	6,56	0,81
IDER	3%	3%	0%

O quadro a seguir mostra a decomposição do DE conforme a equação (7):

Componente	bem 1	bem 2	Total	Interpretação
$\Delta e_i \tilde{q}_i(\tau) \tilde{p}_i(\tau)$	1,000	-0,750	0,250	Efeito isolado de variações nos erros relativos
$\Delta e_i \Delta \tilde{q}_i \tilde{p}_i(\tau)$	0,030	-0,015	0,015	Efeito conjugado de variação em erros relativos e quantidades
$\Delta e_i \Delta \tilde{p}_i \tilde{q}_i(\tau)$	0,100	-0,025	0,075	Efeito conjugado de variação em erros relativos e preços
$\Delta e_i \Delta \tilde{q}_i \Delta \tilde{p}_i$	0,003	-0,001	0,003	Efeito conjugado de variação em erros relativos, quantidades e preços
$\Delta \tilde{q}_i e_i(\tau) \tilde{p}_i(\tau)$	0,060	0,100	0,160	Efeito isolado de variações nas quantidades
$\Delta \tilde{p}_i e_i(\tau) \tilde{q}_i(\tau)$	0,200	0,125	0,325	Efeito isolado de variações nos preços
$\Delta \tilde{q}_i \Delta \tilde{p}_i e_i(\tau)$	0,006	0,003	0,009	Efeito conjugado de variação em quantidades e preços
Variação no DE	1,399	-0,563	0,836	Efeito total

Uma outra decomposição (mais agregada) da variação no DE é dada pela equação (11) e apresentada no quadro abaixo:

Componente	Valor	Interpretação
$v(\tau) \times \Delta \text{IDER}$	0,22	Efeito da variação no IDER
$\text{IDER}(t) \times \Delta v$	0,59	Efeito da variação no valor da cesta
ΔDE	0,81	Variação no DE

A variação no IDER, por sua vez, é decomposta de acordo com a equação (14). Usando essa equação e aplicando os valores do presente exemplo às expressões $s(\tau) \cdot [e(t) - e(\tau)] = s_1(\tau)\Delta e_1 + s_2(\tau)\Delta e_2$ e $e(t) \cdot s(t) - s(\tau) = e_1(t)\Delta s_1 + e_2(t)\Delta s_2$, chegamos à seguinte decomposição do IDER:

Componente	Valor	Interpretação
$s(t) \cdot \Delta e$	0,143%	Efeito de variações nos erros relativos
$e(t) \cdot \Delta s$	-0,018%	Efeito de variações nos pesos dos bens
Δ IDER	0,125%	Variação no IDER

Por último, apresentamos a decomposição da variação no valor da distorção de acordo com a equação (18). Para tanto, calculamos inicialmente o índice de Laspeyres de preço (ILP) e o índice de Paasche de quantidade:

$$ILP = \frac{\tilde{p}_1(t)\tilde{q}_1(\tau) + \tilde{p}_2(t)\tilde{q}_2(\tau)}{\tilde{p}_1(\tau)\tilde{q}_1(\tau) + \tilde{p}_2(\tau)\tilde{q}_2(\tau)} = 1,0714$$

$$IPQ = \frac{\tilde{p}_1(t)\tilde{q}_1(t) + \tilde{p}_2(t)\tilde{q}_2(t)}{\tilde{p}_1(t)\tilde{q}_1(\tau) + \tilde{p}_2(t)\tilde{q}_2(\tau)} = 1,0259$$

Aplicando as taxas de variações associadas a esses índices (7,14% de variação no ILP e 2,59% de variação no IPQ) juntamente com os valores já calculados para esse exemplo à equação (18), chegamos à seguinte decomposição da variação no valor da distorção econômica:

Componente	Valor	Interpretação
(I) $v(\tau) \times \Delta$IDER	0,22	Efeito da variação no IDER, decomposto em:
(I.a) $v(\tau) \times s(t) \cdot \Delta e$	0,25	efeito de variações nos erros relativos
(I.b) $v(\tau) \times e(t) \cdot \Delta s$	-0,03	efeito de variações nos pesos relativos
(II) IDER(t) $\times \Delta v$	0,59	Efeito de variações no valor, decomposto em:
(II.a) $v(\tau) \times (ILP-1)$	0,43	efeito da variação média nos preços
(II.b) $v(\tau) \times (IPQ-1)$	0,15	efeito da variação média nas quantidades
(II.c) $v(\tau) \times IDER(t) \times (ILP-1) \times (IPQ-1)$	0,01	efeito conjugado de variações médias em preços e quantidades
Variação no DE [(I) + (II)]	0,81	Variação no valor da distorção econômica

Exemplo 2

Nesse segundo exemplo, entre as datas consideradas, não há variação nos erros relativos. Além disso, os preços e as quantidades transacionadas variam na mesma proporção para os dois bens. Os dados do exemplo são os que se seguem:

Variável	Data	
	τ	t
\tilde{q}_1	100	102
\tilde{q}_2	50	51
\tilde{p}_1	1,00	1,10
\tilde{p}_2	1,50	1,65
e_1	2%	2%
e_2	5%	5%

Do mesmo modo que fizemos no exemplo 1, completamos o quadro acima com o cálculo de outras

variáveis, incluindo as variações de cada item entre as duas datas:

Variável	Data		Variação
	τ	t	
\tilde{q}_1	100	102	2
\tilde{q}_2	50	51	1
\tilde{p}_1	1,00	1,10	0,10
\tilde{p}_2	1,50	1,65	0,15
e_1	2%	2%	0%
e_2	5%	5%	0%
v_1	100,00	112,20	12,20
v_2	75,00	84,15	9,15
v	175,00	196,35	21,35
s_1	57%	57%	0%
s_2	43%	43%	0%
DE	5,75	6,45	0,70
IDER	3%	3%	0%

Com esses números, calculamos a decomposição da variação no DE de acordo com a equação (7), conforme descrito no quadro abaixo:

Componente	bem 1	bem 2	Total	Interpretação
$\Delta e_i \tilde{q}_i(\tau) \tilde{p}_i(\tau)$	0,000	0,000	0,000	Efeito isolado de variações nos erros relativos
$\Delta e_i \Delta \tilde{q}_i \tilde{p}_i(\tau)$	0,000	0,000	0,000	Efeito conjugado de variação em erros relativos e quantidades
$\Delta e_i \Delta \tilde{p}_i \tilde{q}_i(\tau)$	0,000	0,000	0,000	Efeito conjugado de variação em erros relativos e preços
$\Delta e_i \Delta \tilde{q}_i \Delta \tilde{p}_i$	0,000	0,000	0,000	Efeito conjugado de variação em erros relativos, quantidades e preços
$\Delta \tilde{q}_i e_i(\tau) \tilde{p}_i(\tau)$	0,040	0,100	0,140	Efeito isolado de variações nas quantidades
$\Delta \tilde{p}_i e_i(\tau) \tilde{q}_i(\tau)$	0,200	0,375	0,575	Efeito isolado de variações nos preços
$\Delta \tilde{q}_i \Delta \tilde{p}_i e_i(\tau)$	0,004	0,008	0,012	Efeito conjugado de variação em quantidades e preços
Variação no DE	0,244	0,483	0,727	Efeito total

Como era previsto, as quatro primeiras linhas, que se referem ao efeito isolado das variações nos erros relativos e aos efeitos dessas variações conjugados com os efeitos nas variações de quantidades e/ ou preços, apresentam valores nulos. Toda a variação do DE é explicado pelas três últimas linhas que representam os efeitos das variações nas quantidades e nos preços.

No caso desse exemplo, a variação no IDER é nula, pois, uma vez que preços e quantidades subiram na mesma proporção para os dois bens, não há alteração nos pesos desses bens no valor da cesta de bens, de tal sorte que toda variação no IDER é explicada pela variação no valor total da cesta de consumo, conforme mostra o quadro abaixo com a decomposição da variação no DE dada pela

equação (11):

Componente	Valor	Interpretação
$v(\tau) \times \Delta \text{IDER}$	0,00	Efeito da variação no IDER
$\text{IDER}(t) \times \Delta v$	0,70	Efeito da variação no valor da cesta
ΔDE	0,70	Variação no DE

De fato, não apenas o IDER não se altera, como tampouco variam os dois componentes da variação do IDER, de acordo com a equação (14) conforme mostra o quadro abaixo:

Componente	Valor	Interpretação
$s(t) \cdot \Delta e$	0%	Efeito de variações nos erros relativos
$e(t) \cdot \Delta s$	0%	Efeito de variações nos pesos dos bens
ΔIDER	0%	Variação no IDER

A decomposição do valor da distorção econômica de acordo com a equação (18) é apresentada no quadro que se segue:

Componente	Valor	Interpretação
		Efeito da variação no IDER, decomposto
(I) $v(\tau) \times \Delta \text{IDER}$	0,00	em:
(I.a) $v(\tau) \times s(t) \cdot \Delta e$	0,00	efeito de variações nos erros relativos
(I.b) $v(\tau) \times e(t) \cdot \Delta s$	0,00	efeito de variações nos pesos relativos
		Efeito de variações no valor, decomposto
(II) $\text{IDER}(t) \times \Delta v$	0,70	em:
(II.a) $v(\tau) \times (\text{ILP}-1)$	0,58	efeito da variação média nos preços
(II.b) $v(\tau) \times (\text{IPQ}-1)$	0,12	efeito da variação média nas quantidades
(II.c) $v(\tau) \times \text{IDER}(t) \times (\text{ILP}-1) \times (\text{IPQ}-1)$	0,01	efeito conjugado de variações médias em preços e quantidades
Variação na DE [(I) + (II)]	0,70	Variação no valor da distorção econômica

Novamente, verifica-se que apenas os componentes referentes a efeitos de variações em preço e quantidade têm valores não nulos.

Exemplo 3

Consideremos agora os números do quadro abaixo:

Variável	Data	
	τ	t
\tilde{q}_1	100	100
\tilde{q}_2	50	50
\tilde{p}_1	1,00	1,10
\tilde{p}_2	1,50	1,30
e_1	2%	2%
e_2	5%	5%

Nesse exemplo, entre as datas τ e t , permanecem inalterados os erros relativos e as quantidades, mas os preços dos produtos variam. No quadro abaixo mostramos, conforme feito nos outros exemplos o resultado do cálculo de outras variáveis relevantes e das variações de cada valor entre as duas datas.

Variável	Data		Variação
	τ	t	
\tilde{q}_1	100	100	0
\tilde{q}_2	50	50	0
\tilde{p}_1	1,00	1,10	0,10
\tilde{p}_2	1,50	1,30	-0,20
e_1	2%	2%	0%
e_2	5%	5%	0%
v_1	100,00	110,00	10,00
v_2	75,00	65,00	-10,00
v	175,00	175,00	0,00
s_1	57%	63%	6%
s_2	43%	37%	-6%
DE	5,75	5,45	-0,30
IDER	3%	3%	0%

Como se vê, os valores das vendas de cada um dos produtos se alteram, com um crescimento no valor das vendas do produto 1 que é compensado por uma queda no valor das vendas do produto 2. Isso provoca uma modificação na participação de cada produto no valor total das vendas com

elevação da participação do produto 1 que tem menor erro relativo e redução na participação do produto 2, com maior erro relativo. Assim, espera-se que a decomposição da variação no valor da distorção econômica decorrente dos erros de medida seja inteiramente explicada pelo componente relativo à mudança nas participações relativas.

De modo semelhante ao que fizemos nos exemplos acima, mostramos, inicialmente, a decomposição da variação no valor da distorção econômica de acordo com a equação (7) no quadro abaixo:

Componente	bem 1	bem 2	Total	Interpretação
$\Delta e_i \tilde{q}_i(\tau) \tilde{p}_i(\tau)$	0,000	0,000	0,000	Efeito isolado de variações nos erros relativos
$\Delta e_i \Delta \tilde{q}_i \tilde{p}_i(\tau)$	0,000	0,000	0,000	Efeito conjugado de variação em erros relativos e quantidades
$\Delta e_i \Delta \tilde{p}_i \tilde{q}_i(\tau)$	0,000	0,000	0,000	Efeito conjugado de variação em erros relativos e preços
$\Delta e_i \Delta \tilde{q}_i \Delta \tilde{p}_i$	0,000	0,000	0,000	Efeito conjugado de variação em erros relativos, quantidades e preços
$\Delta \tilde{q}_i e_i(\tau) \tilde{p}_i(\tau)$	0,000	0,000	0,000	Efeito isolado de variações nas quantidades
$\Delta \tilde{p}_i e_i(\tau) \tilde{q}_i(\tau)$	0,200	-0,500	-0,300	Efeito isolado de variações nos preços
$\Delta \tilde{q}_i \Delta \tilde{p}_i e_i(\tau)$	0,000	0,000	0,000	Efeito conjugado de variação em quantidades e preços
Variação no DE	0,200	-0,500	-0,300	Efeito total

De modo não surpreendente, visto que houve variação apenas nos preços, o único componente com valor diferente de zero é o relacionado ao efeito isolado de variações nos preços.

Também sem surpresa, visto que o valor da cesta de bens não se alterou, a decomposição da variação no DE de acordo com a equação (11), apresentada no quadro abaixo, indica que essa variação é totalmente explicada pela variação no IDER, não sendo afetada pela variação (nula) no valor da cesta de bens.

Componente	Valor	Interpretação
$v(\tau) \times \Delta \text{IDER}$	-0,30	Efeito da variação no IDER
$\text{IDER}(t) \times \Delta v$	0,00	Efeito da variação no valor da cesta
ΔDE	-0,30	Variação no DE

Ao decompor-se, por sua vez, a variação no IDER de acordo com a equação (14), conforme mostrado no quadro que se segue, percebe-se que esta é inteiramente explicada pelas variações nos pesos de cada bem no valor da cesta. O valor no IDER diminui apenas porque o aumento no preço do bem com menor erro relativo foi proporcionalmente maior do que o aumento no preço do bem com maior erro relativo, o que resultou em um aumento no peso do primeiro e uma redução no peso do segundo.

Componente	Valor	Interpretação
$s(t) \cdot \Delta e$	0,00%	Efeito de variações nos erros relativos
$e(t) \cdot \Delta s$	-0,17%	Efeito de variações nos pesos dos bens
Δ IDER	-0,17%	Variação no IDER

Finalmente, o quadro abaixo detalha a decomposição da variação no DE considerando a decomposição da equação (18), mostrando mais uma vez que o único componente a afetar tal variação é o efeito das variações dos pesos dos bens no valor da cesta de consumo.

Componente	Valor	Interpretação
		Efeito da variação no IDER, decomposto
(I) $v(\tau) \times \Delta$IDER	-0,30	em:
(I.a) $v(\tau) \times s(t) \cdot \Delta e$	0,00	efeito de variações nos erros relativos
(I.b) $v(\tau) \times e(t) \cdot \Delta s$	-0,30	efeito de variações nos pesos relativos
		Efeito de variações no valor, decomposto
(II) IDER(t) $\times \Delta v$	0,00	em:
(II.a) $v(\tau) \times (ILP-1)$	0,00	efeito da variação média nos preços
(II.b) $v(\tau) \times (IPQ-1)$	0,00	efeito da variação média nas quantidades
(II.c) $v(\tau) \times IDER(t) \times (ILP-1) \times (IPQ-1)$	0,00	efeito conjugado de variações médias em preços e quantidades
Variação no DE [(I) + (II)]	-0,30	Variação no valor da distorção econômica

Exemplo 3

Consideremos agora os números apresentados no quadro abaixo.

Variável	Data	
	τ	t
\tilde{q}_1	100	100
\tilde{q}_2	50	50
\tilde{p}_1	1,00	1,00
\tilde{p}_2	1,50	1,50
e_1	2%	3%
e_2	5%	4%

Esse quadro é, mais uma vez, completado para incluir outras variáveis secundárias assim com a variação de todos os valores considerados, no quadro abaixo:

Variável	Data		Variação
	τ	t	
\tilde{q}_1	100	100	0
\tilde{q}_2	50	50	0
\tilde{p}_1	1,00	1,00	0,00
\tilde{p}_2	1,50	1,50	0,00
e_1	2%	3%	1%
e_2	5%	4%	-1%
v_1	100,00	100,00	0,00
v_2	75,00	75,00	0,00
v	175,00	175,00	0,00
s_1	57%	57%	0%
s_2	43%	43%	0%
DE	5,75	6,00	0,25
IDER	3%	3%	0%

A decomposição de acordo com a equação (7) é apresentada abaixo. Nela percebe-se que toda a variação decorre do efeito de variações nos erros relativos.

Componente	bem 1	bem 2	Total	Interpretação
$\Delta e_i \tilde{q}_i(\tau) \tilde{p}_i(\tau)$	1,000	-0,750	0,250	Efeito isolado de variações nos erros relativos
$\Delta e_i \Delta \tilde{q}_i \tilde{p}_i(\tau)$	0,000	0,000	0,000	Efeito conjugado de variação em erros relativos e quantidades
$\Delta e_i \Delta \tilde{p}_i \tilde{q}_i(\tau)$	0,000	0,000	0,000	Efeito conjugado de variação em erros relativos e preços
$\Delta e_i \Delta \tilde{q}_i \Delta \tilde{p}_i$	0,000	0,000	0,000	Efeito conjugado de variação em erros relativos, quantidades e preços
$\Delta \tilde{q}_i e_i(\tau) \tilde{p}_i(\tau)$	0,000	0,000	0,000	Efeito isolado de variações nas quantidades
$\Delta \tilde{p}_i e_i(\tau) \tilde{q}_i(\tau)$	0,000	0,000	0,000	Efeito isolado de variações nos preços
$\Delta \tilde{q}_i \Delta \tilde{p}_i e_i(\tau)$	0,000	0,000	0,000	Efeito conjugado de variação em quantidades e preços
Variação no DE	1,000	-0,750	0,250	Efeito total

Como não há variação no valor da cesta consumida, toda a variação do DE, conforme a decomposição da equação (11), deve ser explicada pela variação no IDER, como é mostrado no próximo quadro:

Componente	Valor	Interpretação
$v(\tau) \times \Delta \text{IDER}$	0,25	Efeito da variação no IDER
$\text{IDER}(t) \times \Delta v$	0,00	Efeito da variação no valor da cesta
ΔDE	0,25	Variação no DE

Além disso, com não há alterações nas participações dos bens no valor total da cesta, na decomposição da equação (14) toda variação no IDER deve ser efeito de variações nos erros relativos, conforme mostra o quadro abaixo:

Componente	Valor	Interpretação
$s(t) \cdot \Delta e$	0,14%	Efeito de variações nos erros relativos
$e(t) \cdot \Delta s$	0,00%	Efeito de variações nos pesos dos bens
Δ IDER	0,14%	Variação no IDER

Por último, o quadro que se segue apresenta a decomposição da variação no DE de acordo com a equação (18), mostrando, mais uma vez, que o único componente não nulo é o associado à mudança nos erros relativos.

Componente	Valor	Interpretação
(I) $v(\tau) \times \Delta$IDER	0,25	Efeito da variação no IDER, decomposto em:
(I.a) $v(\tau) \times s(t) \cdot \Delta e$	0,25	efeito de variações nos erros relativos
(I.b) $v(\tau) \times e(t) \cdot \Delta s$	0,00	efeito de variações nos pesos relativos
(II) $\text{IDER}(t) \times \Delta v$	0,00	Efeito de variações no valor, decomposto em:
(II.a) $v(\tau) \times (\text{ILP}-1)$	0,00	efeito da variação média nos preços
(II.b) $v(\tau) \times (\text{IPQ}-1)$	0,00	efeito da variação média nas quantidades
(II.c) $v(\tau) \times \text{IDER}(t) \times (\text{ILP}-1) \times (\text{IPQ}-1)$	0,00	efeito conjugado de variações médias em preços e quantidades
Variação no DE [(I) + (II)]	0,25	Variação no valor da distorção econômica

4 Abordagem Metodológica

4.1 Visão Geral

Para fixação das ideias básicas a um contexto concreto, tomemos um produto da cesta básica, o arroz no ano de 2019, como referência. Consumiu-se no Brasil, passando pela rede de distribuição no varejo, cerca de 11 milhões de toneladas deste cereal, em valor arredondado para maior simplicidade. Este número exorbitantemente elevado se reduz, contudo, a bastante razoáveis 144 gramas por habitante.dia.

Para uma apresentação mais simplificada dos conceitos estatísticos a serem empregados, vamos considerar, inicialmente, que essa massa de produto chega aos consumidores em pacotes de PN, P_0 , igual a 1,0 kg. Definindo como N o número total de pacotes unitários vendidos, teremos então $N=11 \times 10^9$ kg.

Qualquer operação industrial de empacotamento é imperfeita. A quantidade colocada em cada pacote, mesmo que a linha de empacotamento esteja perfeitamente calibrada, variará de pacote para pacote. Representando a quantidade realmente empacotada por X, os valores em pacotes diferentes serão representados por $X_1, X_2, X_3, \dots, X_N$. Geralmente, assume-se que, estando uma linha de empacotamento calibrada para um PN P_0 , os valores realmente empacotados terão distribuição aproximadamente normal (ou gaussiana), com média P_0 e desvio padrão σ , ou seja:

$$X \sim N(P_0, \sigma^2)$$

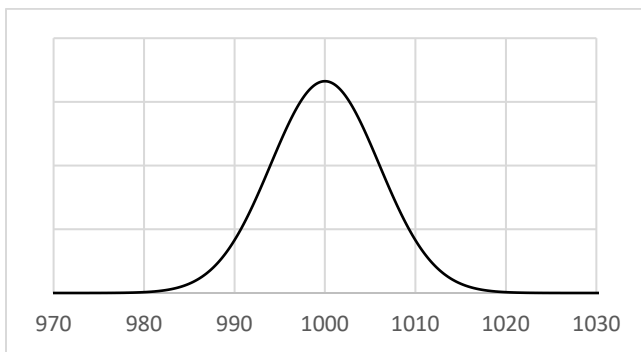


Figura 15- função de densidade de probabilidades.

A Figura 15 ao lado mostra a curva da função de densidade de probabilidades de uma $N(1000, 36)$; a Figura 16 abaixo mostra uma sequência de 100 valores empacotados, em gramas, por uma linha de empacotamento calibrada em $P_0=1000$ g, e com um desvio padrão $\sigma=6$ g.

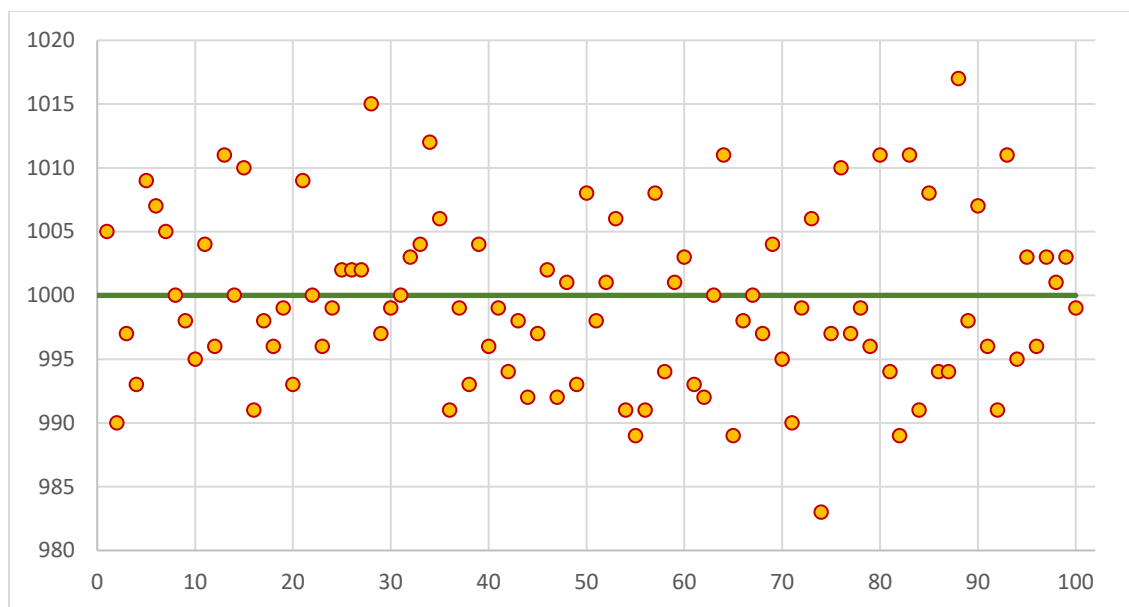


Figura 16 - Sequência de dados em uma linha de empacotamento.

Uma das tarefas básicas deste projeto é o de propor uma abordagem completa de metrologia estatística que permita estimar, com precisão, rastreabilidade e rigor formal, a massa de produto que realmente foi entregue aos consumidores no momento da compra, para cada produto da cesta básica convencionada, para um período pré-determinado.

Por conta da falta de dados constantes de consumo e alguns produtos com dados dúbios, foi sugerido pela Equipe TecnoMetrica a substituição destes produtos, para que seja possível obter os resultados mais significativos e com maior precisão. Os produtos a substituíram compõem a lista da cesta básica apenas.

Para a substituição dos dados foram analisadas as composições de cestas básicas de outras entidades no Brasil, como as do Procon, Dieese e da Secretaria Especial do Desenvolvimento Social. Os dados foram escolhidos de forma que a composição da cesta básica deste estudo não fosse desconfigurada, buscando itens semelhantes e em acordo com a disponibilidade de dados. Tal sugestão foi acatada, definida junto a sugestão dos participantes e aprovada por todas as entidades participantes do projeto, oficializada em ATA e via e-mail.

A Tabela 3 abaixo confronta as duas versões, original e alterada, da cesta básica.

Tabela 3- Itens da cesta básica do Projeto.

Produtos alimentícios na cesta básica original	→	Produtos alimentícios na cesta básica alterada
1. Carne de bovinos e outros produtos de carne		1. Carne de bovinos e outros produtos de carne
2. Carne de aves		2. Carne de aves
3. Carne de suínos		3. Carne de suínos
4. Pescado congelado		4. Pescado congelado
5. Leite		5. Leite
6. Leite em pó		6. Leite em pó
7. Feijão		7. Feijão
8. Arroz		8. Arroz
9. Farinha		9. Farinha
10. Batata		10. Batata
11. Tomate		11. Tomate
12. Pão francês		12. Pão francês
13. Café em pó		13. Café em pó
14. Banana		14. Banana
15. Açúcar		15. Açúcar
16. Banha		16. Macarrão
17. Manteiga		
18. Óleo		17. Óleo
19. Margarina		18. Biscoito
20. Requeijão		19. Queijo
21. GLP (gás liquefeito de petróleo)		20. GLP (gás liquefeito de petróleo)

Vamos continuar definindo alguns parâmetros e variáveis que serão úteis adiante.

Seja Q_N a quantidade nominal total do produto vendida no ano – 11 bilhões de kg arroz no exemplo ilustrativo conduzido – e seja Q_R a quantidade correspondente realmente entregue aos compradores, no ato da venda. Assumimos, para simplicidade na apresentação dos conceitos

fundamentais, que todo o produto foi entregue ao consumidor em pacotes de 1kg; conseqüentemente, $N=Q_N$. Logo

$$Q_R = \sum_{i=1}^N X_i$$

A grandeza δ (delta), abaixo, é a diferença física, entre a quantidade total realmente entregue aos compradores, Q_R , e a quantidade nominal, que deveria ser entregue, Q_N .

$$\Delta = Q_N - Q_R = \sum_{i=1}^N (P_0 - X_i) = \sum_{i=1}^N \delta_i$$

Na expressão acima, δ_i representa cada uma das diferenças em cada pacote vendido de arroz, no Brasil em 2019. Se a diferença total acumulada, Δ , for positiva, ela representará uma perda física global dos compradores no ano considerado, relativamente ao arroz; se negativa, será uma perda para o empacotador do produto.

Seja Y o preço por pacote. O i -ésimo pacote tem peso real X_i e preço Y_i . O desvio financeiro no i -ésimo pacote é então dado por

$$\pi_i = \frac{\delta_i \times Y_i}{1000}$$

Como a diferença de peso δ é dada em gramas, e o preço unitário π em R\$/kg, a divisão por 1000 é necessária na expressão acima, para que o desvio π_i seja dado em R\$.

As diferenças financeiras correspondentes são totalizadas na expressão abaixo:

$$\Pi = \sum_{i=1}^N \pi_i$$

A possível existência de correlação entre X e Y , ou, analogamente, entre δ e Y , impede que a perda total Π seja obtida pela simples multiplicação de Δ pelo preço unitário médio,

$$\bar{Y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_i$$

Tabela 4 - Exemplo de dados de pacotes de arroz.

Pacote	Peso Real (g)	Preço pago (R\$)	Desvio de peso (g)	Desvio de valor (R\$)
1	989	6,50	11	0,0715
2	988	7,25	12	0,0870
3	994	5,85	6	0,0351
4	1004	4,75	-4	-0,0190
5	996	6,22	4	0,0249
6	989	8,75	11	0,0963
7	994	6,27	6	0,0376
8	1002	5,50	-2	-0,0110
9	982	10,20	18	0,1836
10	992	7,45	8	0,0596
Média	993	6,874	7	0,0566
Total	9.930	68,74	$\Delta = 70$	$\Pi = 0,5656$

A Tabela 4 ao lado, com pesos medidos para 10 pacotes de arroz, (dados simulados), ajuda a clarear e consolidar as definições acima. O desvio total de peso foi $\delta = 7g$; o correspondente desvio total de valor foi $\Pi = R\$0,5656$, ambos contra o consumidor. Contudo, há uma correlação negativa ($\rho = -0,880$), entre o preço Y e o desvio físico δ , como ilustra o gráfico abaixo. Uma tentativa de se chegar a Π , multiplicando-se o desvio físico total Δ pelo preço médio, produziria uma superestimativa de 15% (em valor relativo, no caso, menos negativa) deste importante parâmetro:

$$\hat{\Pi} = \frac{\Delta \times \bar{Y}}{1000} = \frac{70 \times 6,874}{1000} = 0,4811$$

O ponto aqui é que, havendo correlação entre X e Y, o produto $\Delta \times \bar{\pi}$ leva a uma estimativa tendenciosa

da diferença financeira total. Se a correlação for positiva, com desvios de peso tendendo a ser maiores – em valor relativo – em pacotes com preços maiores, a distorção será negativa, subestimando Π . Se a correlação for negativa, a tendência se inverte, ocorrendo superestimação de

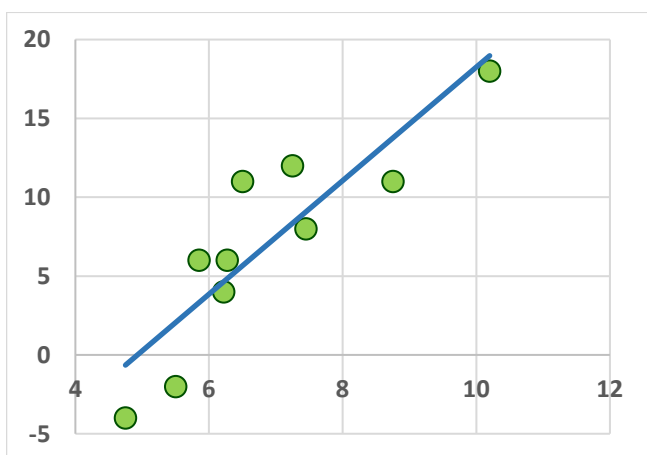


Figura 17- Desvio financeiro em g, versus preço unitário do produto, em R\$, com acentuada correlação positiva. Em casos como estes, a perda do consumidor será subestimada pelo produto da perda total Δ pelo preço médio.

Π , com um desvio financeiro negativo – portanto contra o consumidor – aparecendo menos negativo, como nesse exemplo.

Esse fato é importante e exige que se tomem certos cuidados no tratamento estatístico dos dados de campo, conforme veremos adiante. Ilustramos melhor este ponto com um exemplo simples com $N=100$, mas há outras armadilhas potenciais pelo caminho, apresentado na Figura 17 ao lado.

A Figura 18 ao lado, com dados simulados, mostra o desvio de peso δ (eixo vertical em gramas), versus o preço unitário de venda π (eixo horizontal, em R\$), para $Q_N=100$ unidades de determinado produto. Vemos que o preço (eixo horizontal) variou bastante, de R\$5,50, a R\$24,45 por unidade. O desvio de peso (eixo vertical) variou de $-28g$ a $+18g$. Mas,

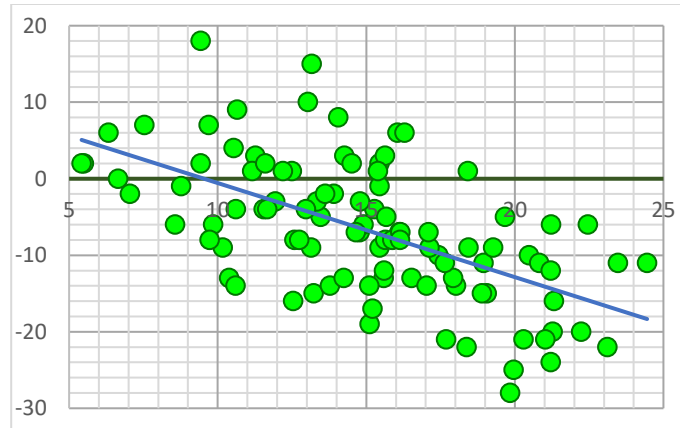


Figura 18- Desvio de peso X Preço unitário de venda

sobretudo, a figura revela uma nítida correlação negativa ($\rho=-0,589$) entre o desvio de peso δ e o preço da unidade, Y , com unidades mais caras apresentando desvio mais negativo, e as mais baratas com desvios menos negativos ou até positivos. A linha de regressão entre desvio de peso (g) e preço unitário (R\$), em azul na figura, mostra o desvio de peso δ com uma tendência de cair em média $12g$ para cada R\$10 se subida do preço unitário π . Essa correlação negativa implica que o produto $\Delta \times \bar{Y}$ levaria a significativa subavaliação de Π , o desvio financeiro total.

O desvio físico total Δ (os dados simulados utilizados neste exemplo ilustrativo são disponibilizados no Apêndice) foi de $-668g$, correspondendo a um desvio médio de $-6,68g$ por unidade vendida; o preço médio das cem unidades foi de R\$14,97 por kg. O produto desses dois valores daria aparentemente a perda financeira total associada à compra das 100 unidades:

$$\frac{R\$14,97}{kg} \times (-0,668kg) = -R\$10,00$$

No entanto, a soma das 100 perdas individuais, associadas a cada unidade vendida é $-R\$12,24$, 22,4% superior em valor absoluto:

$$\Pi = \sum_{i=1}^{100} \frac{\delta_i \times Y_i}{1000} = -R\$12,24$$

A significativa diferença ($-18,5\%$) entre o valor correto de Π , e o valor anterior, é consequência da correlação negativa entre δ e π . Neste exemplo a perda, sendo negativa, indica, na verdade, um ganho para o consumidor e perda para o empacotador.

Outro fator que pode introduzir distorções, se ações corretivas apropriadas não forem tomadas, é a eventual associação da magnitude estatística de δ e a localização da unidade de empacotamento e ou venda do produto, conjugada à provável variação territorial da intensidade de inspeção,

medida em número de pacotes amostrados para inspeção, por milhão de unidades vendidas em cada setor (Região Geográfica, ou Unidade da Federação, por exemplo).

Os desvios, tanto físico quando financeiro, serão estimados a partir da conjugação de dados de consumo, obtidos das melhores fontes disponíveis, e de dados de desvios, extraídos das bases históricas recentes de dados de inspeções de campo realizadas pelo INMETRO. Desta forma, caso a estrutura da distribuição territorial das inspeções e da distribuição territorial do consumo não estejam em adequada relação de proporcionalidade, criterioso processo de reequilíbrio por ponderação interna deverá ser levado a efeito.

Como vemos, a situação de não equilíbrio entre consumo e inspeções entre diferentes setores geográficos cria uma complicação no processo de extrapolação dos resultados de inspeção ao total das unidades vendidas. Por outro lado, porém, esta mesma condição oferece uma possibilidade valiosa de se relacionar intensidade de inspeção (pacotes inspecionados por milhão de pacotes vendidos) com magnitude dos desvios, por região, por exemplo.

4.2 Abordagem amostral

No exemplo simplificado do arroz\2019, estimativas de elevado nível de precisão poderiam, em tese, ser obtidas de forma surpreendentemente simples, rápida e econômica, como normalmente ocorre em soluções amostrais. Senão, vejamos.

Seguindo o contexto do arroz/2019, tomado numa forma simplificada para foco nos conceitos, foram vendidos em 2019, em todo o Brasil, $Q_N=11$ bilhões de pacotes de 1kg de PN. As quantidades

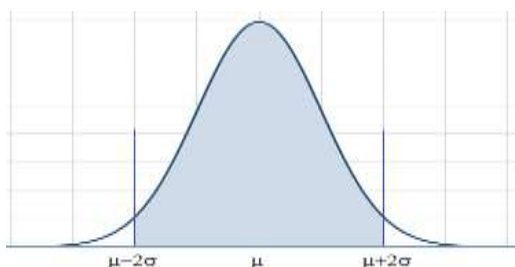


Figura 19 – Numa distribuição gaussiana (ou normal), o intervalo de 4σ de largura total, centrado em μ (área sombreada) tem probabilidade total igual a 0,9545, ou aproximadamente 95%.

realmente contidas nos pacotes individuais são representados por $X_1, X_2, X_3, \dots, X_N$ e os preços unitários por $\pi_1, \pi_2, \pi_3, \dots, \pi_N$.

Os pesos reais X_i podem variar muito, mas dentro de certos limites. É razoável admitir, para fins de avaliação preliminar aproximada, que pelo menos 95% dos pacotes de arroz (38 de cada 40), tenham peso real X dentro do intervalo (950g, 1050g), sugerindo, portanto, um desvio padrão de X no

máximo igual a 25g (numa distribuição gaussiana, um intervalo de 4σ de largura, centrado em μ tem probabilidade $\sim 0,95$). Neste caso, como o desvio padrão da média amostral de X , baseada numa amostra aleatória simples (aas) de n daqueles pacotes, é:

$$dp(\bar{x}) = \frac{1}{\sqrt{n}} dp(X)$$

Concluimos que com uma aas de tamanho $n=50^2=2500$,

$$dp(\bar{x}) = \frac{25}{50} = 0,5g$$

Assim, com uma aas de tamanho 2500 dos 11 bilhões de pacotes vendidos, o desvio físico total Δ seria estimado com um intervalo de 95% de confiança (i95%c) de largura total igual a 2g, como $(\bar{x} - 1, \bar{x} + 1)$, em gramas.

Se tal nível de precisão for considerado insuficiente, a largura do i95%c pode ser reduzida até o valor desejado, simplesmente aumentando n. Como a largura total cai com a raiz quadrada de n, com $n=10.000$, quatro vezes maior, o i95%c para o peso real médio dos N pacotes vendidos,

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i$$

terá largura total igual a 1g. De qualquer modo, a avaliação preliminar do desvio padrão de X como 25g é certamente muito conservadora, devendo ser, de fato, bem menor, como revelou a análise de conjunto de dados reais de inspeção. Em situações práticas, em geral se tiram estimativas preliminares de σ , ou a partir de dados históricos disponíveis, ou de uma pesquisa piloto que, após fornecer estimativas preliminares seguras para o desvio padrão da variável de interesse, permite a avaliação definitiva de n. Geralmente, em casos como este, a pesquisa completa é realizada como continuação da piloto, completando o tamanho amostral determinado.

Nesse exemplo simplificado, é recomendado partir de uma amostra piloto de 200 unidades, devendo chegar a um desvio padrão certamente não maior do que 10g (que o Brasil é um país civilizado!) e concluiria por uma amostra de tamanho total 1600 (i.e.: 1400 novas unidades amostradas) para chegar a um i95%c de 1g de largura total. (Faça as contas!)

Ainda mais, a mesma amostra que permite estimar o peso real médio \bar{X} , e daí o desvio físico médio $\bar{\delta} = \bar{X} - P_0$, permitiria também estimar o preço médio $\bar{\pi}$ que, embora de pouca utilidade na estimativa de Π , permite a construção de um estimador não viciado de $\bar{\pi}$, o desvio médio de valor por pacote comprado, igual ao produto do preço pelo desvio de massa, $d_i \times Y_i$:

$$\bar{\pi} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{\delta_i \times Y_i}{1000} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \pi_i$$

Um estimador não viciado de elevada precisão de $\bar{\pi}$, que representaremos por $\hat{\pi}$, obtido a partir da aas, levará a uma estimativa também de propriedades estatísticas ótimas de Π , simplesmente pela

multiplicação por N:

$$\hat{\Pi} = N \times \hat{\pi}$$

Esse desvio total de valor, caso negativo, se caracterizará na perda monetária acumulada total da população e, caso positivo, do empacotador, com relação àquele produto, naquele ano: o arroz/2019.

Estimando Δ e Π , a partir dos dados reais de inspeção

Tabela 5- Estimativas de Δ e Π .

UF	Pop MHab	n Amostra	n/ Mhab	PLiq Med	dp (g)	PLiq Min (g)
MA	7,0	726	103	1004,5	11,7	770
RJ	17,2	338	20	1004,2	8,2	936
RN	3,5	230	66	1003,7	11,2	979
PA	8,5	1259	148	1003,0	12,6	831
RR	0,6	392	680	1002,8	4,8	984
SC	7,1	117	17	1001,4	7,7	987
PE	9,5	207	22	1001,2	7,1	969
AM	4,1	406	99	1000,8	6,9	978
DF	3,0	124	42	1000,7	6,3	979
ES	4,0	26	7	999,5	5,8	989
AP	0,8	377	454	998,9	2,7	989
CE	9,1	458	50	998,8	7,9	959
PI	3,3	683	209	996,5	6,9	978
PR	11,3	573	50	996,1	7,5	973
BA	14,8	895	60	996,0	5,2	964
MG	21,0	216	10	995,4	7,4	961
SP	45,5	696	15	995,2	4,7	976
MT	3,4	296	86	994,5	5,9	981
TO	1,8	195	111	994,5	5,8	979
SE	2,3	117	51	994,4	3,8	982
RS	11,3	221	20	993,7	6,1	976
GO	6,9	52	8	987,7	6,4	972
AL	3,3	53	16	985,2	12,3	965
MS	2,7	138	50	984,9	14,2	955
Total	202,1	8795	44	998,8	9,4	770

Os dados de campo coletados durante as inspeções efetuadas pelo INMETRO têm, na enorme abundância, uma de suas destacadas qualidades. Para o caso do arroz/2019, considerado aqui, foram inspecionados 8.795 pacotes de 1kg ao longo do ano, sobre todo o território nacional (ver tabela ao lado). Como amostra a ser usada para se produzir estimativas de parâmetros como $\bar{\delta}$ e $\bar{\pi}$, e daí, de Δ e Π , tanto no nível nacional, como por critérios diversos de estratificação geográficos, demográficos ou outros, eles são um encanto para qualquer estatístico que se preze. Mas há cuidados que se deve tomar.

Como a Tabela 5 ao lado mostra com grande nitidez, as distorções físicas, e consequentemente as distorções econômicas variam muito com a geografia.

A distorção econômica é resultado da conjunção de duas componentes: A Distorção Econômica Ilegal (DEI) e a Distorção Econômica Legal (DEL).

Na Figura 20, a curva gaussiana representa a distribuição do peso real de um produto, em determinada região, conforme revelada pelos

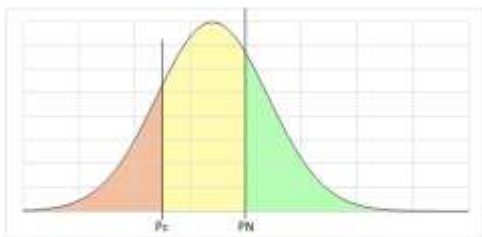


Figura 20 - Representação gráfica DE e DEL.

dados coletados através das inspeções feitas, em determinado período. A zona verde corresponde aos pacotes com peso igual ou superior ao PN. A área amarela corresponde aos itens com peso inferior a PN, mas acima do peso limite crítico (P_c) de tolerância legal pelos regulamentos do INMETRO, portanto associados ao conceito de Distorção Econômica Legal (DEL). A área em vermelho, corresponde aos itens com peso inferior ao P_c , e associados ao conceito de Distorção Econômica (DE). O cálculo das Distorções Econômicas e Distorções Econômicas Legais (DEL's), bem como da interdependência entre elas, deverá ser feito de forma estratificada, ao nível de UF, ou quando possível e necessário, a níveis ainda mais finos, como o de Região Geográfica Intermediária (RGInt). Essas questões deverão ser tratadas sob critérios estatísticos rigorosos, entre as equipes da TecnoMetrica e do INMETRO, à luz das informações reveladas pela análise dos dados de campo, produzindo-se clareza conceitual e metrológica bem como procedimentos metrológicos a serem aplicados rotineiramente.

Naturalmente, o processo de inspeção de campo não segue um plano amostral estatisticamente equilibrado a nível nacional. Como mostra a tabela ao lado, o número de pacotes inspecionados por UF mostra grande descompasso com as respectivas populações. É natural que essas inspeções sejam mais frequentes em umas regiões do que em outras. Por exemplo, o estado de S. Paulo, com 20% da população nacional, teve menos que 8% dos 8.795 pacotes amostrados no país, bem menos que os mais de 14% no Pará. De qualquer modo, o valor da perda média estimada variou muito entre as UF's, indo de -4,5g no Maranhão a +15g mp Mato Grosso do Sul. O número de pacotes amostrados por milhão de habitantes (MHab) da UF variou de 680, em Roraima, a 7, no Espírito Santo. Três estados, Paraíba, Rondônia e Acre não foram inspecionados em 2019 com relação a arroz, embora tenham sido com relação a outros produtos.

Os cálculos

Desta forma, a ideia de simplesmente se calcular o δ médio para todo o conjunto de dezenas de milhares de inspeções feitas do produto e período considerados está fora de cogitação.

Esse desequilíbrio estatístico das atividades de inspeção – visto como um grande projeto de levantamento amostral de dados, com conseqüente não uniformidade de intensidade de inspeção – será corrigido por estratificação preliminar dos dados, cálculo de δ médio por setor geográfico convenientemente definido, e composição de estimativas nacionais por ponderação adequada,

associada a avaliações setoriais do consumo.

Esta característica dos planos amostrais empregados na planificação das atividades de inspeção virá a ser de grande utilidade neste projeto, quando procuraremos correlacionar intensidade de inspeção com magnitude dos desvios observados. Para isso definiremos o índice de Intensidade de Inspeção $I_{inspeção}$, dado em ppm, como:

$$i_{inspeção} = \frac{\text{Pacotes Inspeccionados}}{\text{Pacotes Vendidos}} \times 10^6 = \frac{\text{Pacotes Inspeccionados}}{\text{Milhões de Pacotes Vendidos}}$$

Com esse índice calculado, tanto em termos nacionais como por setor geográfico (Região Geográfica ou Unidade da Federação, ou outro), procuraremos relações estatísticas interessantes entre a magnitude do índice e as características estatísticas dos desvios de peso observados.

Tabela 6– A estratificação dos municípios por faixa de população revela relações muito interessantes.

População do Município (kHab)	Número de Municípios c. inspeção	População Total (MHab)	Visitas feitas	Visitas por MHab	Bicos inspecionados	Inspeções por MHab	Taxa de interdição (ppk)
1 – 0 a 20	2.014	17,9	4.497	251	28.488	1.591	148
2 – 20 a 50	720	22,4	3.878	173	32.375	1.445	124
3 – 50 a 250	476	48,7	7.380	152	79.486	1.631	90
4 – 250 a 500	66	22,8	3.359	147	42.452	1.860	85
5 – >500	46	65,0	9.290	143	118.192	1.818	72
Total	3.322	176,9	28.404	161	300.993	1.702	96

Em uma análise preliminar dos dados de inspeção em postos de venda de combustíveis, algumas relações interessantes encontradas ilustram os pontos acima.

Além da análise da distribuição dos desvios por população do município, outras associações serão exploradas.

Avaliando todas as mais de 360 mil inspeções de bicos em postos de gasolina feitas em 2019 em todo o território nacional, separamos essas inspeções por grupos de população dos municípios de

localização desses postos. Para isto separamos os municípios em 5 categorias. Os resultados estão sumarizados na tabela ao lado.

Como se pode ver, há uma nítida associação entre a taxa de interdição (apresentada na Tabela 6 e no gráfico da Figura 21, em partes por mil, ou ppk) com a população do município, sendo duas vezes mais elevada nos municípios com menos que 20 mil habitantes do que nos municípios com 500 mil ou mais.

Por outro lado, a associação entre intensidade de inspeção e taxa de interdição, embora existente, não é tão nítida. Ela mostra um decréscimo da taxa de interdição (eixo vertical, em ppk) com o índice de inspeção, em bicos inspecionados por milhão de habitantes do grupo de município (eixo horizontal), como ilustra a Figura 22 abaixo.

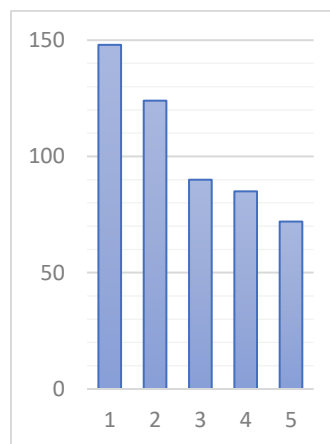


Figura 21- Taxa de interdição versus grupo de população do município.

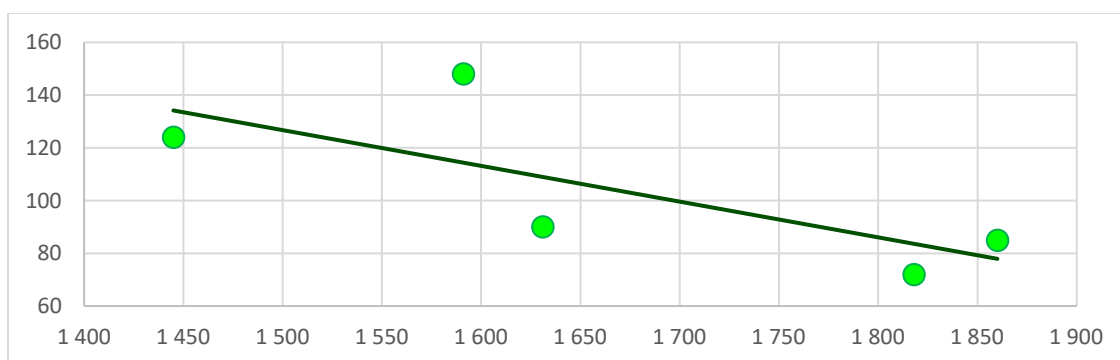


Figura 22- Taxa de interdição nos grupos de população dos municípios versus índice de inspeção (bicos inspecionados por milhão de habitantes no grupo) mostra uma tendência a menor taxa de interdição para grupos com maior intensidade de inspeção.

A correlação entre magnitude dos desvios médios e o número de visitas a postos, por milhão de habitantes mostra uma correlação positiva.

Essas evidências ainda parciais indicam a direção a ser tomada na análise dos dados de inspeções do INMETRO, com estimativas por setores homogêneos, talvez ao nível de Unidades da Federação, e de Regiões Geográficas Intermediárias, bem como a outros critérios de estratificação, seja geográfica ou diversos critérios socioeconômicos que para os quais existam classificações confiáveis ao nível de município, como IDH, por exemplo.

4.3 Estimativa do erro de Balanças nos Pontos de Venda

O problema da concepção e execução de planos amostrais para a inspeção de balanças nos pontos de venda no varejo de produtos constantes na cesta é muito interessante e promissor. Sem a

necessidade de remoção do equipamento, na verdade a inspeção pode ser feita muito rapidamente no próprio local em que está sendo operado, com o uso de pesos padrão de diversas magnitudes. A montagem do plano amostral para determinada praça deverá contar com um bom cadastro dos pontos de venda em operação naquela praça. A predominância de balanças digitais em oposição às clássicas balanças analógicas na verdade vem a facilitar significativamente a operação. Sugere-se, se possível, que haja registro fotográfico automático com data, hora e coordenadas GPS.

O plano amostral, com tamanho da amostra e especificação das unidades amostradas por praça, depende unicamente da variância do erro (normalmente pequeno em questões como esta), e do nível de precisão desejado na estimativa do erro médio. O exemplo abaixo ilustra uma situação em que o desvio padrão era de 7,1g e o desvio médio de 11,8 g na faixa de peso de 500g. Outro elemento importante é a distribuição espacial dos pontos de venda na praça em questão (o Universo da pesquisa).

A operação deve contar com coleção de pesos padrão aferidos, em diversas faixas de peso.

No exemplo a seguir (com dados fictícios), ilustramos o tratamento analítico aplicado aos valores obtidos na inspeção de 32 balanças com relação ao peso padrão de 500g, em uma praça onde existem centenas desses equipamentos de pesagem em diferentes pontos de venda. Todos os dados abaixo são em gramas:

Tabela 7– Dados simulados de resposta de 32 balanças ao peso padrão de 500, mostrando tendência significativa a superestimação do peso, nesta faixa de peso.

507 522 503 516 514 506 521 498	média= 511,8
505 523 516 514 520 505 506 515	dp= 7,1
505 519 501 520 509 502 506 507	ep= 1,2
513 515 520 512 522 516 513 508	i95%c 509,3 513,1

$$\text{Média} = \bar{X} = \frac{1}{32} \sum_{i=1}^{32} X_i \quad \text{Desvio Padrão} = dp = \sqrt{\frac{1}{31} \sum_{i=1}^{32} (X_i - \bar{X})^2} \quad \text{Erro Padrão} = ep = \frac{\sigma}{\sqrt{32}}$$

O intervalo de 95% de confiança para a resposta média das balanças naquela praça, a um peso padrão de 500g, é calculado como $(\bar{X} - 2 \times ep, \bar{X} + 2 \times ep)$. A conclusão é que o conjunto de balanças naquela praça, em média, superestima um peso de 500g por algo entre 9,3 e 13,1 g.

Como o plano amostral foi delineado para ser estatisticamente representativo do universo de



balanças operando em pontos de varejo, pode se concluir que elas têm tendência estatisticamente significativa de sobre avaliar os pesos na faixa de 500g por um montante próximo de 11,8g. O i95%c para este desvio é dado por:

(509,3 g , 513,1 g)

Isto indica que na compra de meio quilo de determinado produto, o cliente está recebendo cerca de 10g a menos, uma perda relativa de 2%. Naturalmente que a distorção em outra faixa de peso pode ser diferente desta, em termos absolutos e em termos relativos.

A análise mais detalhada dos dados coletados no campo vai indicar os pontos de venda mais e os menos ou não infratores.

5 A busca pelos dados de consumo e preço

A procura pelos dados de consumo e preço exigiu diversas ferramentas e mecanismos para busca, tratamento e adequação dos dados, o que tornou sua descrição extensa.

Pensando na melhor maneira de apresentação do presente relatório as buscas dos dados de consumo e preço estão resumidas nos próximos dois subcapítulos, de forma a não se perder o foco principal do presente documento, que são as análises dos dados e resultados.

Juntamente a este documento são entregues outros 3 arquivos, sendo estes: o documento PDF “Projeto IDE – Manual de busca de dados”, que apresenta o passo a passo para as buscas de dados; o arquivo em forma de planilhas “Projeto IDE – Consumos e preços”, que apresenta os consumos e preços finais para os produtos por UF; e o arquivo em forma de planilha “Projeto IDE – Preços”, que se refere a base de dados de preço dos produtos.

5.1 Os dados de consumo

Uma condição natural na seleção dentre as múltiplas fontes de dados de consumo referentes aos produtos, foi a de priorizar as que oferecessem as melhores condições combinadas de precisão, estabilidade e confiabilidades. Fontes oficiais do Governo Federal, como Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) foram, naturalmente, as mais pesquisadas. Frequentemente fontes secundárias, como associação de produtores, foram também consultadas, servindo de reforço de validação dos dados oficiais.

As fontes selecionadas para a formulação do consumo final dos produtos são a CONAB, a Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) do IBGE, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), o Ministério da Saúde (MS) do Governo Federal e a ANP.

Além das fontes de dados selecionados apresentarem confiabilidade, todos os dados foram validados com a comparação entre pelo menos duas fontes, dependendo da disponibilidade de informação nas pesquisas de cada produto.

A Tabela 8 apresenta os produtos contemplados no escopo deste projeto, as respectivas fontes de dados de consumo e endereço.

Tabela 8 – Produtos, fontes de consumo e endereços.

Produto	Fonte	Endereço
Carne bovina	CONAB	https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/oferta-e-demanda-de-carnes
Carne de frango	CONAB	https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/oferta-e-demanda-de-carnes
Carne suína	CONAB	https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/oferta-e-demanda-de-carnes
Pescado	POF	https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101742.pdf
Leite	EMBRAPA	https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1110792/o-mercado-consumidor-de-leite-e-derivados#:~:text=O%20consumo%20aparente%20per%20capita,total%20consumido%20h%C3%A1%20duas%20d%C3%A9cadas
Leite em pó	POF	https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/protecao-social/9050-pesquisa-de-orcamentos-familiares.html?edicao=9051&t=resultados
Feijão	CONAB	https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/oferta-e-demanda-de-graos
Arroz	CONAB	https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/oferta-e-demanda-de-graos
Farinha	POF	https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101742.pdf
Batata	POF	https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101742.pdf
Tomate	POF	https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101742.pdf
Pão	POF	https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101742.pdf
Café	EMBRAPA	http://consorcioesquisacafe.com.br/arquivos/consorcio/consumo/Press_release_consumo_final_vs_04_02_19.pdf
Banana	POF	https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101742.pdf
Açúcar	GOV	https://aps.saude.gov.br/noticia/15359
Óleo	POF	https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101742.pdf
Macarrão	POF	https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101742.pdf
Biscoito	POF	https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101742.pdf
Queijo	POF	https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101742.pdf
GLP	ANP	Pedido de dados Gov.br; https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/arquivos-anuario-estatistico-2021/anuario-2021.pdf~
Gasolina	ANP	Pedido de dados Gov.br; https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/arquivos-anuario-estatistico-2021/anuario-2021.pdf~
Etanol	ANP	Pedido de dados Gov.br; https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/arquivos-anuario-estatistico-2021/anuario-2021.pdf~
Diesel	ANP	https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/arquivos-anuario-estatistico-2021/anuario-2021.pdf~
GNV	ANP	Pedido de dados Gov.br

Para facilitar a metodologia de tratamento dos dados de consumo, estes foram classificados em 3 tipos, conforme a sua abrangência, sendo estes:

- Micro dados diretos;
- Macro dados diretos;
- Dados de consumo per capita.

A Tabela 9 seguinte apresenta a classificação e as principais características dos dados de consumo para os produtos objeto deste projeto.

Tabela 9 – Classificação dos dados de consumo

Tipo do produto	Classe	Abrangência	Fonte	Produto	Unidade	
Combustível	Micro dados	UF	ANP	GLP	M m ³	
				Gasolina		
				Etanol		
				Diesel		
				GNV		
Cesta Básica	Macro dados	Federação	CONAB	Carne bovina	M Ton	
				Carne de frango		
				Carne suína		
				Feijão		
					Arroz	
		Dados de consumo per capita	Per capita	POF	Pescado	M Ton
	Leite em pó					
	Farinha					
	Batata					
	Tomate					
Pão						
				Banana		
				Óleo		
				Macarrão		
				Biscoito		
				Queijo		
			EMBRAPA	Leite	G Lt	
				Café	M Ton	
			MS/GOV	Açúcar	M Ton	

5.1.1 Micro dados

Esta classe refere-se aos dados disponibilizados pela fonte a nível de UF's. Estes dados referem-se ao consumo dos produtos do tipo combustível, tem como fonte a ANP e contempla os produtos: GLP, Gasolina, Etanol, Diesel e GNV.

Os dados foram transformados para a unidade de medida referida para os correspondentes produtos na Tabela 9 anterior, e adicionados, em formatação específica de colunas apresentada na Tabela 10 subsequente, para a planilha "Projeto IDE – Consumos e preços".

5.1.2 Macro dados

Esta classe refere-se aos dados disponibilizados pela fonte a nível Federal. Seus dados referem-se ao consumo dos produtos do tipo cesta básica, tem como fonte a CONAB e contempla os produtos: Carne bovina, Carne de frango, Carne suína, Feijão e Arroz.

Os dados anuais da Federação foram transformados para a unidade de medida referida para os correspondentes produtos na Tabela 9 anterior, e adicionados, em formatação específica de colunas apresentada na Tabela 10 subsequente, para a planilha "Projeto IDE – Consumos e preços".

A partir dos dados de valores de consumo total da federação dos produtos para os anos desejados, foi realizada a projeção da proporção de consumo para as Regiões Geográficas e UF's, a partir dos dados de população disponíveis por UF pelo IBGE, para os anos de 2019, 2020 e 2021.

O valor para cada célula que representa as UF's, contendo o consumo no espaço temporal, foi calculado pela equação:

$$\text{Consumo prod. UF (M Ton)} = \frac{\text{População UF (hab)} * \text{Consumo prod. Federação (M Ton)}}{\text{População da Federação (hab)}}$$

5.1.3 Dados de consumo per capita

Os dados de consumo per capita são dados de referência de consumo pessoal de alimentos, produtos, calorias, dentre outros. Existe uma quantidade significativa de dados de consumo per capita para produtos nos meios de informação, porém a grande maioria se trata de produtos específicos, sem padrão de unidades ou configuram uma fonte não segura.

Os dados de consumo per capita contemplam os produtos: Pescado, Leite em pó, Farinha, Batata, Tomate, Pão, Banana, Óleo, Macarrão, Biscoito, Queijo, Leite, Café e Açúcar.

A partir dos dados de consumo per capita dos produtos obtidos, estes foram projetados para as UF's, Regiões Geográficas e Federação, multiplicando o consumo per capita pelo respectivo número de habitantes para os anos de referência do IBGE.

Os dados anuais de consumo per capita foram transformados para a unidade de medida referida para os correspondentes produtos na Tabela 9 anterior, e adicionados, em formatação específica de colunas apresentada na Tabela 10 subsequente, para a planilha 2 do arquivo “Projeto IDE – Consumos e preços”.

5.1.4 Resultados do consumo

Na planilha do arquivo “Projeto IDE – Consumos e preços” agruparam-se todos os produtos abordados neste projeto, classificando-os por numeração “n”, seguido do nome do produto, Região Geográfica, Estado, Sigla, Consumo 2019, Consumo 2020, Consumo 2021 e Unidade de medida, como mostra o exemplo do produto Arroz nas tabelas seguintes.

Tabela 10 – Exemplo do Arroz para formato de tabela utilizado em consumo de produtos.

n	Produto	Região Geog.	Estado	Sigla	Cons. 2019	Cons. 2020	Cons. 2021	Unidade
265	Arroz	Brasil	Total		10,6	10,85	11	M Ton
266	Arroz	Norte	Total		0,93	0,96	0,97	M Ton
267	Arroz	Norte	Rondônia	RO	0,09	0,09	0,09	M Ton
268	Arroz	Norte	Acre	AC	0,04	0,05	0,05	M Ton
269	Arroz	Norte	Amazonas	AM	0,21	0,22	0,22	M Ton
270	Arroz	Norte	Roraima	RR	0,03	0,03	0,03	M Ton
271	Arroz	Norte	Pará	PA	0,43	0,45	0,45	M Ton
272	Arroz	Norte	Amapá	AP	0,04	0,04	0,05	M Ton
273	Arroz	Norte	Tocantins	TO	0,08	0,08	0,08	M Ton
274	Arroz	Nordeste	Total		2,88	2,94	2,97	M Ton
275	Arroz	Nordeste	Maranhão	MA	0,36	0,36	0,37	M Ton
276	Arroz	Nordeste	Piauí	PI	0,17	0,17	0,17	M Ton
277	Arroz	Nordeste	Ceará	CE	0,46	0,47	0,48	M Ton
278	Arroz	Nordeste	Rio Grande do Norte	RN	0,18	0,18	0,18	M Ton
279	Arroz	Nordeste	Paraíba	PB	0,20	0,21	0,21	M Ton
280	Arroz	Nordeste	Pernambuco	PE	0,48	0,49	0,50	M Ton
281	Arroz	Nordeste	Alagoas	AL	0,17	0,17	0,17	M Ton
282	Arroz	Nordeste	Sergipe	SE	0,12	0,12	0,12	M Ton
283	Arroz	Nordeste	Bahia	BA	0,75	0,77	0,77	M Ton
284	Arroz	Sudeste	Total		4,46	4,56	4,62	M Ton
285	Arroz	Sudeste	Minas Gerais	MG	1,07	1,09	1,10	M Ton
286	Arroz	Sudeste	Espírito Santo	ES	0,20	0,21	0,21	M Ton
287	Arroz	Sudeste	Rio de Janeiro	RJ	0,87	0,89	0,90	M Ton

Tabela 11 – Exemplo do Arroz para formato de tabela utilizado em consumo de produtos (continuação).

n	Produto	Região Geog.	Estado	Sigla	Cons. 2019	Cons. 2020	Cons. 2021	Unidade
288	Arroz	Sudeste	São Paulo	SP	2,32	2,37	2,41	M Ton
289	Arroz	Sul	Total		1,51	1,55	1,57	M Ton
290	Arroz	Sul	Paraná	PR	0,58	0,59	0,60	M Ton
291	Arroz	Sul	Santa Catarina	SC	0,36	0,37	0,38	M Ton
292	Arroz	Sul	Rio Grande do Sul	RS	0,57	0,59	0,59	M Ton
293	Arroz	Centro-Oeste	Total		0,82	0,85	0,86	M Ton
294	Arroz	Centro-Oeste	Mato Grosso do Sul	MS	0,14	0,14	0,15	M Ton
295	Arroz	Centro-Oeste	Mato Grosso	MT	0,18	0,18	0,18	M Ton
296	Arroz	Centro-Oeste	Goiás	GO	0,35	0,36	0,37	M Ton
297	Arroz	Centro-Oeste	Distrito Federal	DF	0,15	0,16	0,16	M Ton

A Tabela 12 seguinte sumariza os resultados de consumo por produto nos anos de 2019, 2020 e 2021, para o Brasil.

Tabela 12 – Sumário dos resultados de consumo por produto.

Produto	Consumo Total			Unidade
	2019	2020	2021	
Carne bovina	6,43	5,86	5,92	M Ton
Carne de frango	9,76	10,56	10,77	M Ton
Carne suína	3,33	3,58	3,60	M Ton
Pescado	1,18	1,19	1,20	M Ton
Leite	34,97	35,24	35,50	G Lt
Leite em pó	0,10	0,10	0,10	M ton
Feijão	3,10	3,00	2,85	M Ton
Arroz	10,60	10,85	11,00	M Ton
Farinha	0,61	0,62	0,62	M Ton
Batata	1,33	1,34	1,35	M Ton
Tomate	0,32	0,32	0,33	M Ton
Pão	3,79	3,82	3,85	M Ton
Café	1,01	1,02	1,03	M Ton
Banana	1,25	1,26	1,27	M Ton
Açúcar	3,93	3,96	3,99	M Ton
Óleo	0,85	0,86	0,86	M Ton
Macarrão	2,82	2,84	2,86	M Ton
Biscoito	1,12	1,13	1,14	M Ton
Queijo	0,44	0,45	0,45	M Ton
GLP	13.208,92	13.606,82	13.458,74	M m ³
Gasolina	38.165,04	35.823,61	39.317,35	M m ³
Etanol	22.544,05	19.257,93	16.791,70	M m ³
Diesel	57.298,45	57.472,06	62.111,57	M m ³
GNV	362.860,83	250.245,07	254.987,45	M m ³

5.2 Os dados de preço

Não diferente dos dados de consumo, uma condição da busca de dados de preço foi priorizar as fontes que oferecessem as melhores condições combinadas de precisão, estabilidade e confiabilidades.

As fontes selecionadas para a formulação do preço final dos produtos são a CONAB, o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA/IBGE) e a ANP.

Além das fontes de dados selecionados serem confiáveis, todos os dados foram validados com a comparação entre pelo menos duas fontes, dependendo da disponibilidade de informação para cada produto.

A Tabela 13, Tabela 14 e Tabela 15 seguintes apresentam os produtos contemplados no escopo deste projeto, os correspondentes subprodutos, as respectivas fontes de dados de preço e a base/endereço correspondente.

Tabela 13 – Produtos, subprodutos, fontes de preço e endereços.

Produto	Subproduto	Fonte	Endereço
Carne Bovina	Alcatra, Contra filé, Costela, Lagarto comum, Músculo, Patinho	IPCA/IBGE	Base de dados enviados via INMETRO do IPCA/IBGE.
Carne de frango	Em pedaços, inteiro	IPCA/IBGE	Base de dados enviados via INMETRO do IPCA/IBGE.
	Congelado, resfriado	CONAB	https://sisdep.conab.gov.br/precosiagroweb/
Carne suína	Carne de porco, Linguiça, Presunto, Salsicha	IPCA/IBGE	Base de dados enviados via INMETRO do IPCA/IBGE.
	Pernil com osso resfriado	CONAB	https://sisdep.conab.gov.br/precosiagroweb/
Pescados	Corvina, Merluza, Pescada, Sardinha, Tambaqui, Tilápia	IPCA/IBGE	Base de dados enviados via INMETRO do IPCA/IBGE.
Leite (l)	Leite longa vida	IPCA/IBGE	Base de dados enviados via INMETRO do IPCA/IBGE.
	Longa vida integral	CONAB	https://sisdep.conab.gov.br/precosiagroweb/
Leite em pó	Leite em pó	IPCA/IBGE	Base de dados enviados via INMETRO do IPCA/IBGE.
	Leite de vaca em pó integral	CONAB	https://sisdep.conab.gov.br/precosiagroweb/
Feijão	Comum cores TIPO 1, Comum preto TIPO 1	CONAB	https://sisdep.conab.gov.br/precosiagroweb/

Tabela 14 – Produtos, subprodutos, fontes de preço e endereços (continuação).

Produto	Subproduto	Fonte	Endereço
Arroz	Arroz	IPCA/IBGE	Base de dados enviados via INMETRO do IPCA/IBGE.
	Longo fino beneficiado TIPO 1 e TIPO 2	CONAB	https://sisdep.conab.gov.br/precosiagroweb/
Farinha	Farinha de trigo	IPCA/IBGE	Base de dados enviados via INMETRO do IPCA/IBGE.
	Farinha de trigo comum	CONAB	https://sisdep.conab.gov.br/precosiagroweb/
Batata	Batata-inglesa	IPCA/IBGE	Base de dados enviados via INMETRO do IPCA/IBGE.
		CONAB	https://sisdep.conab.gov.br/precosiagroweb/
Tomate	Tomate	IPCA/IBGE	Base de dados enviados via INMETRO do IPCA/IBGE.
		CONAB	https://sisdep.conab.gov.br/precosiagroweb/
Pão	Pão	IPCA/IBGE	Base de dados enviados via INMETRO do IPCA/IBGE.
		CONAB	https://sisdep.conab.gov.br/precosiagroweb/
Café	Café moído	IPCA/IBGE	Base de dados enviados via INMETRO do IPCA/IBGE.
	Café moído e torrado	CONAB	https://sisdep.conab.gov.br/precosiagroweb/
Banana	Banana-prata	IPCA/IBGE	Base de dados enviados via INMETRO do IPCA/IBGE.
Açúcar	Cristal, Refinado	IPCA/IBGE	Base de dados enviados via INMETRO do IPCA/IBGE.
	Cristal	CONAB	https://sisdep.conab.gov.br/precosiagroweb/
Óleo (I)	Óleo de soja	IPCA/IBGE	Base de dados enviados via INMETRO do IPCA/IBGE.
	Óleo de soja refinado	CONAB	https://sisdep.conab.gov.br/precosiagroweb/
Macarrão	Macarrão	IPCA/IBGE	Base de dados enviados via INMETRO do IPCA/IBGE.
	Espaguete sêmola com/sem ovos	CONAB	https://sisdep.conab.gov.br/precosiagroweb/
Biscoito	Biscoito	IPCA/IBGE	Base de dados enviados via INMETRO do IPCA/IBGE.
Queijo	Queijo	IPCA/IBGE	Base de dados enviados via INMETRO do IPCA/IBGE.
GLP	GLP	ANP	https://preco.anp.gov.br/include/Resumo_Mensal_Index.asp ; https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/arquivos-anuario-estatistico-2021/anuario-2021.pdf
Gasolina	Aditivada, Comum	ANP	https://preco.anp.gov.br/include/Resumo_Mensal_Index.asp ; https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/arquivos-anuario-estatistico-2021/anuario-2021.pdf
Etanol	Etanol hidratado	ANP	https://preco.anp.gov.br/include/Resumo_Mensal_Index.asp ; https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/arquivos-anuario-estatistico-2021/anuario-2021.pdf

Tabela 15 – Produtos, subprodutos, fontes de preço e endereços (continuação).

Produto	Subproduto	Fonte	Endereço
Óleo diesel	Óleo diesel	ANP	https://preco.anp.gov.br/include/Resumo_Mensal_Index.asp ; https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/arquivos-anuario-estatistico-2021/anuario-2021.pdf
	Óleo diesel S10		
GNV	GNV	ANP	https://preco.anp.gov.br/include/Resumo_Mensal_Index.asp ; https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/arquivos-anuario-estatistico-2021/anuario-2021.pdf

5.2.1 Normalização de dados

A fim de se obter uma análise de dados com maior estabilidade e praticidade, todos os dados de preço de produtos extraídos das bases disponíveis foram adicionados em formatação específica a planilha do arquivo “Projeto IDE – Preços”.

A formatação contempla as colunas apresentadas na Tabela 16 seguinte.

Tabela 16 – Colunas utilizadas no arquivo “Projeto IDE – Preços”.

Colunas	Observações
n	Contagem de linhas
Fonte	–
Região	–
UF	–
RGIntermediária	Região intermediária
Município	–
Tipo produto	Cesta básica ou combustível
Produto	–
Subproduto	–
Nível de comercialização	Produtor, atacado ou varejo
PN	Refere-se ao PN do subproduto
Unidade de medida	Referente ao subproduto
Sequência temporal de valores de preço	Janeiro 2019 – dezembro 2021

5.2.2 Refino 1

A partir dos dados de preço dos produtos das diferentes fontes no arquivo “Projeto IDE – Preços” foi aplicado o Refino 1, que se refere aos filtros e ações iniciais estabelecidas, que normalizaram dados e excluíram outros não utilizados, sendo estes filtros e ações:

Padronização das unidades de medida

- Todas as unidades foram transformadas em quilograma, litro ou m³;

Dados excluídos

- Unidades de medidas não baseadas em massa ou volume (Ex.: unidade e penca);
- Os produtos mortadela, presunto e salame, pois não compõem a Cesta Básica;
- Dados de subprodutos com PN diferentes das utilizadas no Refino 1 dos dados de inspeção do INMETRO, apresentados na Tabela 17 a seguir.

Tabela 17 – Produtos com PN específicos selecionados para o Refino 1.

Produtos	PN 1 (Kg)	PN 2 (Kg)
Arroz	1	5
Açúcar	1	2
Feijão	0,5	1
Farinha de trigo	1	
Café	0,25	0,5
Pão	0,4	0,5
Macarrão	0,5	
GLP	13	
Leite* (l)	1	
Óleo* (l)	0,9	

Pode-se observar na Tabela 17 que o produto Pão é restringido aos PN de 0,4 e 0,5 Kg, segundo o Refino 1 aplicado aos dados de inspeção do INMETRO, porém, este produto apenas contém dados de preço para PN de 1Kg, portanto, não foi aplicado o Refino 1 ao produto referido.

5.2.3 Adequação dos preços

Foi realizada a adequação dos preços para proporção de quantidade igual a 1, de forma a auxiliar na posterior análise de seleção de subprodutos e formulação de preços. Esta adequação foi realizada dividindo as células contendo os valores de preço pela célula referente ao valor do PN.

Adição de colunas com valores médios anuais

Após a adequação de preço, foram criadas 3 colunas, ao final de cada série temporal anual, com nomes de “Anual 2019”, “Anual 2020” e “Anual 2021”, onde foram calculadas as médias anuais dos preços mensais, para cada linha da tabela.

Para que fosse possível analisar os dados de preço de forma eficaz, foi inserida uma tabela dinâmica sobre a base de dados de preço do arquivo “Projeto IDE – Preços”. Através desta tabela foi possível analisar as características dos subprodutos.

5.2.4 Resultados de preço

Para a formulação do preço final dos produtos, foram analisadas as principais características de seus subprodutos, como a fonte, o PN, abrangência de UF's, o nível de comercialização, a periodicidade dos dados e se este está dentre os subprodutos mais consumidos.

Os critérios principais para a escolha do(s) subproduto(s) foram: a significância do consumo do produto, a participação na Cesta Básica, a abrangência territorial (quantidade de UF's) e as respectivas faixas de preços.

Apesar de ser levantada a relevância do consumo de cada subproduto para formulação do preço, esta foi obtida a partir de pesquisas, raramente contemplando dados em literatura ou fonte confiável. Não foi possível encontrar o consumo em massa, ou volume, para nenhum subproduto ou PN.

Por esta razão, não foi possível realizar média ponderada baseada no consumo de cada subproduto, ou PN, apenas médias simples. A Tabela 18 sumariza os resultados de preço dos produtos que compõem o projeto, entre os anos de 2019 e 2021, para o Brasil.

Tabela 18 – Resultados de preço dos produtos.

Produto	Preço			Unidade
	2019	2020	2021	
Carne bovina	22,26	27,67	35,57	R\$/Kg
Carne de frango	8,87	9,85	12,06	R\$/Kg
Carne suína	19,71	21,94	25,49	R\$/Kg
Pescado	21,68	22,74	23,71	R\$/Kg
Leite	3,50	4,03	4,44	R\$/Litro
Leite em pó	31,99	34,40	38,49	R\$/Kg
Feijão	5,82	6,83	7,86	R\$/Kg
Arroz	3,07	4,03	4,98	R\$/Kg
Farinha	3,33	3,64	4,23	R\$/Kg
Batata	4,52	4,48	4,46	R\$/Kg
Tomate	4,82	4,92	5,62	R\$/Kg
Pão	10,90	11,32	12,03	R\$/Kg
Café	19,33	19,19	23,11	R\$/Kg
Banana	3,85	4,31	4,89	R\$/Kg
Açúcar	2,90	3,17	4,00	R\$/Kg
Óleo	4,62	6,78	10,10	R\$/Kg
Macarrão	6,60	6,33	7,04	R\$/Kg
Biscoito	19,79	20,44	22,08	R\$/Kg
Queijo	19,78	20,59	23,30	R\$/Kg
GLP	13,43	13,63	18,18	R\$/m ³
Gasolina	4,48	4,34	6,03	R\$/Litro
Etanol	3,32	3,31	4,92	R\$/Litro
Diesel	3,69	3,51	4,82	R\$/Litro
GNV	3,40	3,38	4,01	R\$/m ³

6 Análise dos dados de consumo e preço

Uma etapa importante no projeto é a análise detalhada das características de consumo e preço dos produtos, onde através de diferentes pontos de vista pode-se trazer resultados de grande valor prático no que diz respeito ao peso e o impacto de cada produto dentre os componentes da cesta básica e dos combustíveis. A Tabela 19 sumariza os resultados por produto.

Tabela 19 – Resultados de consumo anual total, preço médio e custo total, entre 2019 e 2021, dos produtos da cesta básica considerada.

Produto	Consumo Total			Unidade	Preço Médio			Unidade	Custo total (G R\$)		
	2019	2020	2021		2019	2020	2021		2019	2020	2021
Carne bovina	6,43	5,86	5,92	M Ton	22,26	27,67	35,57	R\$/kg	143,13	162,15	210,57
Carne de frango	9,76	10,56	10,77	M Ton	8,87	9,85	12,06	R\$/kg	86,57	104,02	129,89
Carne suína	3,33	3,58	3,60	M Ton	19,71	21,94	25,49	R\$/kg	65,63	78,55	91,76
Pescado	1,18	1,19	1,20	M Ton	21,68	22,74	23,71	R\$/kg	25,58	27,06	28,45
Leite	34,97	35,24	35,50	G Lt	3,50	4,03	4,44	R\$/Lt	122,40	142,02	157,62
Feijão	3,10	3,00	2,85	M Ton	5,82	6,83	7,86	R\$/kg	18,04	20,49	22,40
Arroz	10,60	10,85	11,00	M Ton	3,07	4,03	4,98	R\$/kg	32,54	43,73	54,78
Farinha de trigo	0,61	0,62	0,62	M Ton	3,33	3,64	4,23	R\$/kg	2,03	2,26	2,62
Batata	1,33	1,34	1,35	M Ton	4,52	4,48	4,46	R\$/kg	6,01	6,00	6,02
Tomate	0,32	0,32	0,33	M Ton	4,82	4,92	5,62	R\$/kg	1,54	1,57	1,85
Pão	3,79	3,82	3,85	M Ton	10,90	11,32	12,03	R\$/kg	41,31	43,24	46,32
Café	1,01	1,02	1,03	M Ton	19,33	19,19	23,11	R\$/kg	19,52	19,57	23,80
Banana	1,25	1,26	1,27	M Ton	3,85	4,31	4,89	R\$/kg	4,81	5,43	6,21
Açúcar	3,93	3,96	3,99	M Ton	2,90	3,17	4,00	R\$/kg	11,40	12,55	15,96
Óleo de soja	0,85	0,86	0,86	M Ton	4,62	6,78	10,1	R\$/Kg	3,93	5,83	8,69
Macarrão	2,82	2,84	2,86	M Ton	6,60	6,33	7,04	R\$/kg	18,61	17,98	20,13
Biscoito	1,12	1,13	1,14	M Ton	19,79	20,44	22,08	R\$/kg	22,16	23,10	25,17
Queijo	0,44	0,45	0,45	M Ton	19,78	20,59	23,30	R\$/kg	8,70	9,27	10,49
GLP	13,21	13,61	9,49	M m ³	13,43	13,63	18,18	R\$/m ³	0,18	0,19	0,17
Gasolina	38,17	35,82	39,32	M m ³	4,48	4,34	6,03	R\$/Lt	171,00	155,46	237,10
Etanol	22,54	19,26	16,79	M m ³	3,32	3,31	4,92	R\$/Lt	74,83	63,75	82,61
Diesel	57,30	57,47	62,11	M m ³	3,69	3,51	4,82	R\$/Lt	211,44	201,72	299,37
GNV	362,86	250,25	254,99	M m ³	3,40	3,38	4,01	R\$/m ³	1,23	0,85	1,02
Total									1.092,17	1.146,65	1.483,23

A Tabela 20 seguinte apresenta como exemplo a variação dos resultados de consumo anual e preço médio do Arroz por UF, para demonstrar as mudanças percebidas no consumo anual total e no preço médio no período de 2019 a 2021, destacando as maiores variações entre 2019 e 2021.

Tabela 20 – Variação dos resultados de consumo anual total e preço médio do Arroz, por UF.

UF	Consumo (Mil toneladas)				Preço Médio (R\$/kg)			
	2019	2020	2021	Var. % (19/21)	2019	2020	2021	Var. % (19/21)
Minas Gerais	1.068	1.091	1.104	3,41	3,20	4,21	5,44	70,0
Rio Grande do Sul	574	585	591	3,03	3,00	4,01	5,08	69,3
Acre	44	46	47	5,12	2,94	3,87	4,96	68,7
Santa Catarina	361	372	378	4,71	3,08	4,47	5,19	68,5
Ceará	461	471	477	3,45	2,99	3,88	5,01	67,6
Espírito Santo	203	208	212	4,52	3,01	4,01	5,03	67,1
Alagoas	168	172	174	3,09	2,99	4,32	4,94	65,2
Rio de Janeiro	871	890	901	3,41	3,21	4,20	5,28	64,5
São Paulo	2.316	2.372	2.406	3,86	3,22	4,27	5,29	64,3
Tocantins	79	81	83	4,47	3,04	4,04	4,96	63,2
Rio Grande do Norte	177	181	184	3,81	2,95	3,82	4,81	63,1
Amazonas	209	216	220	5,32	3,02	3,97	4,92	62,9
Paraná	577	590	598	3,69	3,16	4,07	5,13	62,3
Rondônia	90	92	94	4,42	3,00	3,90	4,86	62,0
Amapá	43	44	45	6,09	3,02	4,11	4,87	61,3
Paraíba	203	207	209	3,29	3,00	3,77	4,83	61,0
Sergipe	116	119	121	4,00	3,05	3,88	4,90	60,7
Pará	434	445	453	4,30	3,11	4,03	4,99	60,5
Goiás	354	364	372	4,97	3,09	4,06	4,96	60,5
Bahia	750	765	773	3,00	2,91	3,76	4,64	59,5
Piauí	165	168	170	2,73	2,96	3,78	4,70	58,8
Roraima	31	32	34	10,16	3,01	3,87	4,76	58,1
Mato Grosso do Sul	140	144	146	4,45	3,35	4,32	5,25	56,7
Mato Grosso	176	181	184	4,66	3,22	4,15	5,01	55,6
Distrito Federal	152	157	160	4,91	3,38	4,31	5,24	55,0
Pernambuco	482	493	499	3,49	3,13	4,01	4,84	54,6
Maranhão	357	365	369	3,36	2,93	3,66	4,47	52,6
Brasil	10.600	10.850	11.000	3,77	3,07	4,03	4,98	62,2

Pode-se observar na tabela anterior que o consumo de arroz aumentou em todas UF'S entre os anos de 2019 e 2021, com destaque para o estado de Roraima, que teve aumento superior a 10%, e para o estado do Piauí, com 2,73%, sendo o menor crescimento dentre as UF's.

É importante ressaltar que a disponibilidade de dados confiáveis por estrato geográfico foi relativamente rara. De um modo geral, como no caso do arroz, o consumo dos produtos da cesta básica por UF foi obtido por rateio do consumo nacional no ano pelas respectivas populações, ou ainda através da projeção do consumo per capita para as mesmas populações.

O preço do Arroz também aumentou em todas as UF'S, de forma mais significativa do que o consumo. O estado de Minas Gerais obteve o maior aumento no preço, superior a 70%, entre os anos de 2019 e 2021, já estado do Maranhão o menor crescimento, ainda assim significativo, de 52,6%. De maneira geral para o produto Arroz, o país obteve um aumento de consumo de 3,77% entre os anos de referência, já para o preço, este aumento foi superior a 60%.

O custo anual total do “Carrinho Brasil” para os 18 itens da cesta básica mostra variações de até duas ordens de grandeza entre os produtos mais pesados e os mais leves, em termos do custo total. No caso dos itens alimentícios, a carne bovina e o leite lideram com folga, como mostra ao lado a Tabela 21.

Tabela 21 – Custo anual total para a população (em bilhões de reais), dos diversos produtos da cesta básica, no período considerado.

Produto	Valores de custo anual e total Brasil (G R\$)			
	2019	2020	2021	Total
Carne bovina	143,13	162,15	210,57	515,85
Leite	122,40	142,02	157,62	422,04
Carne de frango	86,57	104,02	129,89	320,48
Carne suína	65,63	78,55	91,76	235,94
Pão	41,31	43,24	46,32	130,87
Arroz	32,54	43,73	54,78	131,05
Pescado	25,58	27,06	28,45	81,09
Biscoito	22,16	23,10	25,17	70,43
Café	19,52	19,57	23,80	62,89
Macarrão	18,61	17,98	20,13	56,72
Feijão	18,04	20,49	22,40	60,93
Açúcar	11,40	12,55	15,96	39,91
Queijo	8,70	9,27	10,49	28,46
Batata	6,01	6,00	6,02	18,03
Banana	4,81	5,43	6,21	16,45
Óleo de soja	3,93	5,83	8,69	18,45
Farinha de trigo	2,03	2,26	2,62	6,91
Tomate	1,54	1,57	1,85	4,96
Subtotal	633,49	724,68	862,96	2.221,46
GLP	0,18	0,19	0,17	0,54
Diesel	211,44	201,72	299,37	712,53
Gasolina	171,00	155,46	237,10	563,56
Etanol	74,83	63,75	82,61	221,19
GNV	1,23	0,85	1,02	3,10
Subtotal	458,68	421,96	620,27	1.500,91
Total	1.092,17	1.146,65	1.483,23	3.722,38

Em 2021, a despesa total com carne bovina saltou para acima de R\$210 bilhões (G R\$), seguida pelo leite, com mais de R\$157 bilhões. Na outra ponta ficou o tomate, com R\$ 1,85 bilhão.

É interessante notar que a carne bovina cresceu 47,1% em custo total (de 143,13 para 210,57 GR\$) entre 2019 e 2021, enquanto a quantidade de consumo total decrescia em 7,9%, de 6,43 para 5,92 M Ton.

Em relação ao GLP, em termos dos custos totais, este ocupa a última posição quando comparado aos 18 produtos da cesta básica, que são diretamente relacionados à cozinha.

Se for correto tomar o peso de cada produto da cesta básica na bolsa do cidadão como critério de prioridade, o foco em produtos como carnes em geral, leite, pão e o arroz deveria demandar muito maior atenção que o óleo de soja, farinha e tomate.

No que se refere aos produtos com custo elevado, a Tabela 22 e a Tabela 23 apresentam o valor do custo total por UF das carnes bovina, de frango e suína e do leite, os quatro produtos alimentícios de valores globais mais elevados da cesta básica considerada pelo Projeto.

Tabela 22 – Custo total (G R\$) rateado entre as UF's, pelo critério de proporcionalidade às respectivas populações. Tal critério assume consumos per capita idênticos entre as UF's. Os valores devem ser usados apenas como referência de ordem de grandeza.

UF	Região	Custo total dos produtos no período 2019-21 (G R\$)				
		Carne Bovina	Carne de Frango	Carne Suína	Leite	Total
São Paulo	SE	122,95	72,34	52,73	81,77	329,79
Minas Gerais	SE	53,66	34,08	21,81	37,25	146,81
Rio de Janeiro	SE	43,97	27,08	18,94	33,71	123,69
Bahia	NE	34,01	22,4	16,75	28,93	102,08
Rio Grande do Sul	S	31,84	17,35	12,13	17,87	79,20
Paraná	S	29,16	17,69	12,17	19,59	78,61
Pernambuco	NE	24,37	15,01	10,32	18,97	68,67
Ceará	NE	23,43	13,32	10,22	17,88	64,85
Pará	N	19,24	12,78	10,91	21,41	64,34
Maranhão	NE	16,96	11,18	7,54	14,47	50,15
Santa Catarina	S	19,30	11,09	7,66	11,95	49,99
Goiás	CO	16,26	9,82	7,30	13,86	47,25
Espírito Santo	SE	12,01	6,46	4,24	7,95	30,65
Amazonas	N	9,38	6,14	5,31	9,52	30,35

Tabela 23 – Custo total (G R\$) rateado entre as UF's, pelo critério de proporcionalidade às respectivas populações. Tal critério assume consumos per capita idênticos entre as UF's. Os valores devem ser usados apenas como referência de ordem de grandeza (continuação).

UF	Região	Custo total dos produtos no período 2019-21 (G R\$)				
		Carne Bovina	Carne de Frango	Carne Suína	Leite	Total
Paraíba	NE	9,73	6,09	4,33	7,81	27,96
Rio Grande do Norte	NE	8,51	5,20	3,77	7,19	24,67
Mato Grosso	CO	8,72	5,10	3,86	6,90	24,58
Alagoas	NE	8,07	5,52	3,61	6,69	23,88
Piauí	NE	7,90	5,06	3,48	6,62	23,07
Distrito Federal	CO	7,96	4,32	3,40	5,70	21,38
Mato Grosso do Sul	CO	7,11	4,53	3,04	5,71	20,39
Sergipe	NE	5,32	3,71	2,42	4,84	16,30
Rondônia	N	4,00	2,64	2,26	3,79	12,69
Tocantins	N	3,64	2,32	2,00	3,38	11,34
Amapá	N	1,92	1,27	1,09	2,05	6,33
Acre	N	1,95	1,30	1,14	1,85	6,24
Roraima	N	1,41	0,94	0,80	1,47	4,63
Brasil		532,80	324,73	233,24	399,14	1.489,90

Uma vez que o consumo per capita desses produtos pode variar muito entre estados, esses resultados por UF devem ser interpretados com cautela, apenas como indicação de ordem de grandeza.

Pode-se observar que as UF's com maior custo entre os 4 produtos analisados pertencem à mesma região geográfica, Região Sudeste. São Paulo lidera o custo em todos os produtos analisados.

É possível observar também, na outra ponta da tabela, que as 4 UF's com menor custo agregado aos produtos analisados pertencem a Região Norte, liderado por Roraima, lembrando que estas UF's têm populações reduzidas, influenciando diretamente nos custos.

6.1 O Carrinho Brasil: Composição e Custo Associado

A análise conjunta dos dados de consumo e preço dos produtos alimentícios na cesta básica considerada neste Projeto revela relações muito interessantes. Entre fatos notáveis, foi possível

observar, entre os anos de 2019 e 2021, a considerável redução do consumo de carne bovina, ocorrendo simultaneamente ao aumento significativo da despesa total com o produto¹¹. Tal tendência continua se manifestando em 2022, comparando os primeiros 4 meses de cada ano. Observou-se também que o valor total dos produtos alimentícios superou, cada ano, a marca de R\$ 1 Trilhão (1 T R\$), como mostrado anteriormente na Tabela 21.

Por outro ângulo, a combinação de quantidade consumida e preço médio permitiu determinação de um fator de perda associado a cada produto. Esse fator indica a perda total anual, tanto física como financeira, associada a cada grama de perda média global, por kg vendido do produto. Assim, os fatores de perda associados a alguns dos produtos alimentícios componentes na Cesta Básica considerada, nos anos de 2019 a 2022, são apresentados, para ilustração, na Tabela 24.

Tabela 24 – Fatores de perda física (Mkg/g) e financeira (MR\$/g) para três produtos extremos da cesta: a Carne Bovina, no topo da tabela por custo, o Arroz, no centro e o Tomate, no final da tabela por custo.

Produto	2019		2020		2021	
	Física (M kg/g)	Financeira (M R\$/g)	Física (M kg/g)	Financeira (M R\$/g)	Física (M kg/g)	Financeira (M R\$/g)
Carne Bovina	6,43	143,13	5,86	162,15	5,92	210,54
Arroz	10,6	32,54	10,85	43,73	11,0	54,78
Tomate	0,32	1,52	0,32	1,55	0,33	1,85

Por exemplo, considerando o caso do Arroz. Com um consumo nominal de 10,6 bilhões de kg em 2019, ao custo acumulado total de R\$32,54 bilhões, cada 1g de perda média global por pacote de 1.000g (0,1% ou 1ppk), corresponderia a uma perda física global, naquele ano, de 10,6 milhões de kg (10,6 kTon), e perda financeira no valor total de R\$32,54 milhões. O fator de perda física e de

¹¹ O aumento na despesa total com a aquisição do produto, apesar da redução na quantidade adquirida, é explicado por um aumento no preço proporcionalmente maior de que essa redução na quantidade adquirida. Isso pode ocorrer caso a demanda seja preço-inelástica e as variações em preço e quantidade sejam provocadas exclusivamente por alterações nas condições de oferta (deslocamento da curva de oferta e sobre a curva de demanda) ou, mesmo que a demanda seja preço-elástica, caso haja alterações tanto nas condições de oferta e nas condições de demanda que resultem em deslocamento para a esquerda da curva de oferta com deslocamento para a direita da curva de demanda.

perda financeira associada ao arroz em 2019 foi, então, de 10.600 Ton/g e R\$32.542.00/g, respectivamente.

Já no caso do Tomate, também integrante da cesta, mas com peso financeiro no Carrinho Brasil muito inferior, esses fatores foram de 320 ton/g e R\$ 1.520.000/g.

6.2 Combustíveis

A Cesta Básica adotada incluiu, além dos 18 produtos alimentícios, 5 combustíveis, sendo um para cocção de alimentos (GLP) e 4 automotivos: Diesel, Etanol, Gasolina e GNV.

Os dados de consumo e preço dos combustíveis deste projeto são da fonte ANP, que apresenta dados com maior abrangência e confiabilidade, chegando ao nível geográfico de UF para consumo e municípios para preço. Os dados apresentados na Tabela 25 seguinte são um subconjunto dos já apresentados na Tabela 22, dos dados completos para os 24 produtos da cesta.

Tabela 25 – Resumo dos dados referentes aos combustíveis e derivados do petróleo.

Produto	Consumo Total			Unidade	Preço Médio			Unidade	Custo total (G R\$)		
	2019	2020	2021		2019	2020	2021		2019	2020	2021
GLP	13,21	13,61	9,49	M m ³	13,43	13,63	18,18	R\$/m ³	0,18	0,19	0,17
Gasolina	38,17	35,82	39,32	M m ³	4,48	4,34	6,03	R\$/l	171,00	155,46	237,10
Etanol	22,54	19,26	16,79	M m ³	3,32	3,31	4,92	R\$/l	74,83	63,75	82,61
Diesel	57,30	57,47	62,11	M m ³	3,69	3,51	4,82	R\$/l	211,44	201,72	299,37
GNV	362,86	250,25	254,99	M m ³	3,40	3,38	4,01	R\$/m ³	1,23	0,85	1,02
Total									458,68	421,97	620,27

Este subconjunto é rerepresentado aqui para ênfase nos combustíveis, que respondem por quase metade dos custos totais da cesta. Em termos dos custos totais, o GLP ocupa a última posição quando comparado aos 4 combustíveis.

No que se refere ao consumo dos combustíveis, a Tabela 26 apresenta o valor do consumo por UF para a gasolina, etanol, diesel, GNV e GLP, para o período entre os anos de 2019 e 2021, em M m³.

Tabela 26 – Consumo total (M m³) dos combustíveis entre os anos 2019-21, distribuídos entre as UF's.

UF	Região	Consumo total dos combustíveis no período 2019-21 (M m ³)				
		Gasolina	Etanol	Diesel	GNV	GLP
São Paulo	SE	23.973,42	30.105,82	37.155,74	65.518,59	329,79
Minas Gerais	SE	10.230,18	8.278,43	21.416,05	14.587,43	146,81
Paraná	S	7.804,55	4.117,47	17.698,70	10.250,45	123,69
Rio Grande do Sul	S	10.001,51	122,30	11.116,36	63.112,38	102,08
Goiás	CO	3.551,31	4.784,99	8.978,87	-	79,2
Bahia	NE	6.108,92	1.558,42	9.609,08	69.075,14	78,61
Santa Catarina	S	8.361,19	223,39	8.117,02	58.875,67	68,67
Rio de Janeiro	SE	5.740,46	2.004,22	6.727,20	362.806,94	64,85
Mato Grosso	CO	1.587,23	2.762,21	9.555,89	-	64,34
Pará	N	3.630,32	147,69	7.814,91	-	50,15
Pernambuco	NE	3.958,27	862,90	4.443,71	93.041,10	49,99
Ceará	NE	3.989,87	449,04	3.101,09	30.885,64	47,25
Mato Grosso do Sul	CO	2.142,50	433,17	4.824,62	6.929,76	30,65
Maranhão	NE	2.837,32	141,10	4.336,22	-	30,35
Espírito Santo	SE	2.877,56	158,39	3.512,79	2.720,23	27,96
Amazonas	N	1.881,92	345,75	2.681,06	5.257,60	24,67
Distrito Federal	CO	3.055,05	443,15	1.107,11	6.330,34	24,58
Tocantins	N	1.087,20	102,82	3.359,38	-	23,88
Rondônia	N	1.310,02	40,28	2.872,37	-	23,07
Paraíba	NE	1.937,83	460,57	1.289,07	11.447,43	21,38
Piauí	N	1.616,61	246,98	1.655,70	-	20,39
Rio Grande do Norte	NE	1.793,54	251,15	1.403,82	39.123,71	16,3
Alagoas	NE	1.300,71	210,12	1.056,33	10.211,92	12,69
Sergipe	NE	1.103,65	131,59	941,06	17.919,02	11,34
Roraima	N	478,09	5,78	1299,65	-	6,33
Acre	N	412,99	21,41	474,16	-	6,24
Amapá	N	533,78	1,56	334,10	-	4,63
Brasil		113.306,00	58.410,72	176.882,07	868.093,35	1.489,89

Ao analisar a Tabela 26 conclui-se que, da mesma forma que nos produtos da cesta básica, São Paulo lidera no consumo dos combustíveis líquidos (gasolina, etanol e diesel) e do GLP. Verifica-se também em São Paulo que o consumo de Etanol é superior ao da Gasolina, tendência que acontece apenas em Goiás e no Mato Grosso.

O combustível líquido com o consumo mais elevado é o Diesel, tendência que se confirma na maioria das UF's, que pode ser explicado pela dependência do transporte de insumos, alimentos e produtos por meio automotivo no país, setor este que prioriza o uso do diesel como combustível.

No que se relaciona ao GNV, observa-se que o maior consumo foi no Rio de Janeiro, com mais de 360 G m³ acumulados nos anos de referência, representando mais de 40% do consumo total do país.

Outro fator interessante de análise no consumo do GNV é a ausência de consumo para algumas UF's, segundo os dados da ANP. Este fato está de acordo com a ausência de instaladores registrados de GNV para as mesmas UF's, no site oficial do INMETRO (INMETRO, 2022). Apenas o Mato Grosso apresenta instaladores registrados dentre as UF's sem consumo, porém apenas a partir do final do ano de 2021.

Verifica-se também, ao comparar UF's de populações semelhantes que possuem consumo de GNV com UF's que não possuem, o aumento significativo do consumo de combustíveis líquidos nas UF's que não apresentam consumo de GNV.

Por exemplo, o Rio Grande do Norte, que conta com consumo de GLP, e o Mato Grosso, sem consumo de GLP, contém populações aproximadas de 3,56 milhões de habitantes. O volume total de combustíveis líquidos consumidos entre 2019-21 no Mato Grosso é superior em 10 M m³, quando comparado ao Rio Grande do Norte. Esta tendência está presente na maior parte das comparações entre UF's de populações semelhantes, como por exemplo Rondônia e Sergipe (com GNV), Piauí e Alagoas (com GNV), Goiás e Santa Catarina (com GNV) e o Pará e Ceará (com GNV).

A Tabela 27 seguinte apresenta o custo total dos combustíveis no período 2019-21 distribuídos nas UF's do país, em ordem decrescente de maior custo a partir do Diesel, que é o produto com maior peso dentre os combustíveis.

Tabela 27 – Custo total (G R\$) dos combustíveis referentes ao período 2019-20 para as UF's.

UF	Região	Custo total dos combustíveis no período 2019-21 (G R\$)				
		Gasolina	Etanol	Diesel	GNV	GLP
São Paulo	SE	112,49	96,08	142,35	0,22	0,14
Minas Gerais	SE	53,54	29,34	86,03	0,05	0,06
Paraná	S	37,16	13,91	65,63	0,03	0,05
Rio Grande do Sul	S	50,69	0,57	42,81	0,23	0,04
Mato Grosso	CO	8,04	9,12	40,81	-	0,01
Bahia	NE	31,04	6,06	38,09	0,24	0,04
Goiás	CO	18,15	16,73	36,14	-	0,03
Pará	N	18,78	0,66	33,29	-	0,02
Santa Catarina	S	39,13	0,91	31,15	0,19	0,03
Rio de Janeiro	SE	30,77	8,77	26,28	1,29	0,04
Mato Grosso do Sul	CO	10,58	1,75	19,61	0,02	0,01
Pernambuco	NE	19,33	3,37	17,38	0,32	0,02
Maranhão	NE	13,69	0,59	17,01	-	0,01
Espírito Santo	SE	14,11	0,65	13,36	0,01	0,01
Tocantins	N	5,53	0,43	13,19	-	0,00
Ceará	NE	20,38	1,90	12,94	0,12	0,02
Rondônia	N	6,59	0,18	12,08	-	0,01
Amazonas	N	9,41	1,38	11,59	0,02	0,01
Piauí	NE	8,29	1,01	6,86	-	0,01
Rio Grande do Norte	NE	8,96	1,02	5,68	0,15	0,01
Roraima	N	2,27	0,02	5,24	-	0,00
Paraíba	NE	9,25	1,74	5,05	0,04	0,01
Distrito Federal	CO	14,91	1,64	4,39	0,02	0,01
Alagoas	NE	6,43	0,84	4,34	0,04	0,01
Sergipe	NE	5,32	0,51	3,71	0,07	0,01
Acre	N	2,27	0,10	2,09	-	0,00
Amapá	N	2,25	0,01	1,39	-	0,00
Brasil		563,56	221,19	712,53	3,10	0,54

Pelo fato anteriormente exposto sobre o consumo do GNV, o custo de algumas UF'S é nulo. O custo dos combustíveis é liderado por UF's das Regiões Sudeste e Sul, apresentando São Paulo como maior contribuinte para todos os combustíveis, com exceção do GNV, que tem o maior contribuinte Pernambuco.

7 Dados de Inspeção

Análise exploratória preliminar dos dados históricos de inspeções do INMETRO

O INMETRO disponibilizou uma abundante base de dados históricos de inspeções de produtos. Eles cobrem centenas de municípios, espalhados sobre todo o território nacional.

7.1 Os produtos da Cesta Básica

A base original fornecida, a que é referida como Insp-0, contém 1.742.268 registros de itens inspecionados, sobre 27 UF's, 1.551 Municípios, totalizando 145.344.994 habitantes, correspondentes a 70% da população brasileira. Muitos dos itens inspecionados, todavia, não se referiam a produtos da cesta básica.

Um registro típico de operação de inspeção se refere a um pacote individual de uma amostra de pacotes análogos. O registro na forma original, inclui 27 variáveis:

IdTM	Data do Laudo	Laudo	Resultado
Exame	Tipo	Termo Coleta	Data da Coleta
Estabelecimento	Município Coleta	UF Coleta	Cód. IBGE
IDHM 2010	Índice de Gini 2010	População (IBGE-2018)	Produto
Cód. Classif. Item	Desc. Classif. Item	iCesta Básica	Lote
IdAmostra	Conteúdo Nominal	Peso Bruto	Peso Efetivo
Abaixo do mínimo	Erro Médio (%)	Erro Médio superior -4%	

As seis variáveis em negrito foram incluídas pela TecnoMetrica para: possibilitar o referenciamento entre bases (idTM); garantir referência unívoca por município (Cód. IBGE); permitir correlacionar dados de inspeção com características demográficas e socioeconômicas do município (População, IDH-M, iGini) durante a análise estatística dos dados; e para identificar lotes de inspeções referentes a uma mesma amostra (IdAmostra).

Diversos critérios de exclusão de registros foram aplicados, os mais frequentes incluem:

- ✓ Valor efetivo incompatível com valor nominal. Ex.: valor nominal 1000g, valor efetivo 495g.
- ✓ Produto e descrição do produto incompatíveis. Ex.: Produto = Feijão, descrição do produto = arroz parbolizado.
- ✓ Ausência do valor efetivo. Ex.: PN: 1000g, peso efetivo: [vazio]
- ✓ Valor efetivo sem valor nominal: Ex.: valor nominal [vazio], valor efetivo: 420g

Outro critério de exclusão relaciona-se a unidades de tamanhos atípicos ou raros, com número muito pequeno de inspeções totais. Um exemplo: pacotes de arroz com PN de 220g, e apenas 59 inspeções registradas nos 40 meses. Em cada caso, foi focado nos tamanhos nominais (formatos) com presenças significativas nos registros de inspeções. No caso do arroz, o foco foi nos pacotes de 1Kg e 5kg, correspondendo a 18.474 e 2.608 inspeções com registros excluídos, respectivamente, ao longo do período considerado.

Após o processo de depuração sucessiva das bases de dados de inspeção, pela exclusão dos registros com dados omissos ou inconsistentes, os registros completos utilizáveis nesse projeto ainda compuseram números bastante abundantes, como será mostrado adiante. A filtragem do Insp-0 excluindo os itens referentes a produtos fora da cesta básica, gerou o **Insp-1**, com dados entre

Tabela 28 – Composição da Base Insp-1, por produto e ano.

Produto (Alimento+GLP)	Total de registros na Insp-1				
	2.019	2.020	2.021	2.022	Total
Biscoito	52.376	19.618	31.173	15.042	118.209
GLP	30.099	15.932	21.040	8.120	75.191
Queijo	16.780	6.573	23.941	17.669	64.963
Carne suína	6.339	2.417	12.708	11.907	33.371
Macarrão	14.115	4.500	7.400	3.035	29.050
Arroz	11.094	5.194	7.102	2.644	26.034
Feijão	11.460	5.093	5.423	3.397	25.373
Café	10.558	4.204	4.956	2.749	22.467
Pescado	7.208	3.051	6.286	5.259	21.804
Açúcar	7.225	3.511	3.363	1.942	16.041
Carne bovina	2.830	1.079	4.618	3.701	12.228
Carne de frango	3.991	1.279	3.034	2.448	10.752
Leite	2.981	1.189	931	343	5.444
Farinha de trigo	2.472	1.315	1.066	559	5.412
Óleo de soja	1.423	837	550	311	3.121
Pão	283	139	305	165	892
Total	181.234	75.931	133.896	79.291	470.352

jan/2019 a abr/2022, contemplando 470.352 registros, cobrindo 27 UF's, 1.277 municípios e 137.618.732 habitantes, correspondendo a 66% da população. Três produtos da cesta básica de alimentos – tomate, banana e batata – por se tratar de produtos geralmente vendidos através de pesagem direta no local e, portanto, demandarem, não a aferição do pacote, mas da balança, não aparecem na base Insp-0. A Tabela 28 mostra a composição da Insp-1.

Alguns daqueles quase 500 mil registros apresentavam, todavia, algum tipo de limitação que os tornavam inadequados aos propósitos do projeto. Desses problemas, o mais comum foi a ausência

Tabela 29 – Composição da Base Insp-2, por produto e ano.

Produto (Alimento e GLP)	Total de registros na Insp-2				
	2.019	2.020	2.021	2.022	Total
Biscoito	30.430	10.422	19.504	7.399	67.755
GLP	19.759	7.622	10.776	5.244	43.401
Arroz	8.624	4.398	6.425	2.421	21.868
Macarrão	9.713	2.875	5.926	2.256	20.770
Feijão	8.987	4.174	4.661	2.771	20.593
Café	7.412	3.232	4.046	2.095	16.785
Pescado	4.531	1.806	3.829	2.876	13.042
Açúcar	5.297	2.561	2.112	1.269	11.239
Queijo	3.693	1.538	1.980	946	8.157
Farinha de trigo	1.649	1.247	728	436	4.060
Leite	1.881	912	778	208	3.779
Carne de frango	2.068	397	254	201	2.920
Óleo de soja	625	614	398	247	1.884
Carne bovina	752	181	294	157	1.384
Carne suína	156	122	382	201	861
Pão	128	77	13		218
Total	105.705	42.178	62.106	28.727	238.716

de registro do PN. Outros problemas incluíam: ausência de peso efetivo, inconsistência entre tipo e descrição do produto, entre outros.

A Exclusão desses registros inadequados aos propósitos do projeto gerou o Insp-2, com 238.716 registros, referentes a 15 produtos alimentícios da cesta, mais o GLP. Esses registros cobrem, ao longo dos 40 meses do período base (de jan-19 a abr-22), 27 UF's, 979

municípios e 125.611.376 habitantes, correspondendo a 60% da população. A composição desta base, por produto e ano, está sumarizada na Tabela 29.

Por sua vez, os registros no Insp-2 revelaram uma grande variedade de formatos – diferentes tamanhos dos pacotes, em peso ou volume – diferentes. Muitos destes formatos, como ilustra a Tabela 30, para o caso do Arroz, contaram com número muito pequeno de inspeções, talvez justamente por serem raros. Por este motivo, decidiu-se por excluí-los do

Tabela 30 – Número de registros na base Insp-2, referentes ao Arroz, para cada formato (em g) representado. O primeiro formato na tabela provavelmente se refere a pacotes de 1.000g, ou 1kg

Formato (g)	Total de registros na Insp-2				
	2.019	2.020	2.021	2.022	Total
1	96		64	13	173
175				13	13
200	33				33
220	33	26			59
230	13				13
240	13				13
250	52		13		65
500	38	13	77	46	174
1.000	7.126	3.928	5.220	2.040	18.314
2.000	83	32	214	61	390
5.000	1.137	386	837	248	2.608
10.000		13			13
Total	8.624	4.398	6.425	24.21	21.868

Insp-2, gerando o Insp-3. A base Insp-3 é a que está sendo utilizada para o cumprimento dos objetivos do Projeto.

Em consequência de diversas características apresentadas pelos registros nessas bases, nem todos os referidos quase meio milhão de registros da base Insp-1 puderam ser utilizados na estimativa da perda média global e por estrato.

Embora os dados aproveitáveis ainda fossem em grande abundância, é importante ressaltar todas as dificuldades expostas anteriormente e a quantidade de dados realmente utilizados, no sentido de se buscar o aperfeiçoamento contínuo dos processos de coleta dos mesmos. Ressalta-se também a grande relevância de conteúdo informativo dos dados, imprescindíveis para realização deste projeto, e com grande potencial agregado, seja no sentido estatístico, analítico ou amostral.

De qualquer forma, os dados serão disponibilizados, após reestruturação em bases com arquitetura adequada ao tratamento estatístico necessário, tanto para a base original, Insp-0, quanto para as versões reduzidas dos registros

Tabela 31 – Composição da Base Insp-3, por produto e ano.

referentes ao Projeto.

A composição da base Insp-3 em registros por produto e ano está resumida na Tabela 31.

Ao final, o Insp-3 inclui 159.483 registros, cobrindo 27 UF's, 849 municípios, totalizando 120.040.395 habitantes, correspondentes a 58% da população.

É importante ressaltar que, por conta da disponibilidade de dados de inspeção dos produtos, alguns produtos da cesta básica não foram contemplados no cálculo da DE. Estes se referem principalmente

Produto (Alimentos+GLP)	Unidades inspecionada Insp-3				
	2.019	2.020	2.021	2.022	Total
GLP	16.834	6.347	8.939	4.372	36.492
Arroz	8.359	4.301	6.095	2.300	21.055
Feijão	8.602	4.076	4.498	2.706	19.882
Macarrão	7.285	2.181	4.255	1.702	15.423
Café	6.650	2.604	3.664	1.940	14.858
Pescado	4.531	1.806	3.829	2.876	13.042
Açúcar	4.220	2.319	1.758	1.080	9.377
Biscoito	3.898	1.545	2.150	626	8.219
Queijo	3.693	1.538	1.980	946	8.157
Farinha de trigo	1.287	1.053	714	234	3.288
Carne de frango	2.068	397	254	201	2.920
Leite	1.357	665	518	130	2.670
Óleo de soja	605	530	345	247	1.727
Carne bovina	752	181	294	157	1.384
Carne suína	156	122	382	201	861
Pão	128				128
Total	70.425	29.665	39.675	19.718	159.483

a produtos comercializados por massa, através de balanças operadas nos locais de venda. Os produtos retirados foram: Leite em pó, Batata, Tomate e Banana.

A base Insp-3 inclui as seguintes 16 variáveis, das quais a primeira, IdTM, foi introduzida desde o Insp-0, para permitir um referenciamento unívoco entre mesmos registros em diferentes bases.

IdTM	Data	idAmostra	Cód. IBGE
Município	UF	IDHM 2010	iGini 2010
Pop18	Produto	Descrição	Valor Nominal
Unidade	Valor Efetivo	Irregular	iReprova

A Tabela 32 ilustra, com alguns registros, a estrutura final da Insp-3.

Tabela 32 – Alguns registros da Base Insp-3

Variável	Cinco registros da base Insp-3				
	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5
IdTM	383	3840	228334	624796	1658157
Data	26/08/2019	16/01/2019	26/11/2019	16/01/2019	20/01/2022
IdAmostraTM	53	260	15505	48495	147799
Cód. IBGE	1200401	2708303	5208707	3543402	4315701
Município	Rio Branco	S. J. da Laje	Goiânia	Ribeirão Preto	Rio Pardo
UF	AC	AL	GO	SP	RS
IDHM 2010	0,727	0,573	0,799	0,8	0,693
iGini 2010	0,612	0,492	0,591	0,546	0,512
Pop18	401.155	23.855	1.495.705	694.534	38.284
Produto	Açúcar	Macarrão	Arroz	GLP	Leite
Descrição	Açúcar	Macarrão	Arroz	GLP	Leite
Valor Nominal	1.000	500	1.000	13.000	1.000
Unidade	g	g	g	g	ml
Valor Efetivo	968	493	979	13067	1.002
Irregular	1	0	1	0	0
iReprova	0	1	1	0	1

7.2 Os Combustíveis Veiculares

No que se refere a base original fornecida dos combustíveis, que é referida como InspComb, contém 1.170.410 registros de itens inspecionados, sobre 27 UF's, 4.573 Municípios, totalizando 199.139.629 habitantes, correspondentes a 93% da população brasileira.

Um registro típico de operação de inspeção se refere aos bicos de uma bomba de combustíveis. O registro na forma original, inclui 20 variáveis:

idTM	Data	idAmTM	IBGE	Mun	UF
IDHM10	iGini10	Pop18	Produto	Descrição	Valor
Nominal	Unidade	Valor EfetivoVzMin	Irregular	iReprov Reg	
cdRGIntTM	idValorNom	Valor EfetivoVzMax			

As seis variáveis em negrito foram incluídas pela TecnoMetrica com objetivo de: possibilitar o referenciamento entre bases (idTM); garantir referência unívoca por município (Cód. IBGE); permitir correlacionar dados de inspeção com características demográficas e socioeconômicas dos municípios (População, IDH-M, iGini) durante a análise estatística dos dados; e identificar lotes de inspeções referentes a uma mesma amostra (IdAmostra).

A base Insp-0 passou por um filtro que selecionou os combustíveis pertencentes ao escopo do presente projeto, que são a Gasolina, Diesel, Etanol e GNV, passando a excluir Querosene, Biodiesel, Gasolina aditiva, dentre outros. A nova base Insp-1 passou a contemplar 1.040.164 registros de itens inspecionados.

Com relação aos quatro combustíveis veiculares, os dados seguiram uma estrutura com elevada regularidade quando comparados aos dados dos produtos da cesta básica. Estes estão sumarizados na Tabela 33 seguinte.

Ao analisar a tabela anterior, pode-se observar que as inspeções realizadas entre os anos de 2019-2021 concentram-se na Gasolina, apesar de não ser o combustível mais consumido nem o de maior custo agregado. As inspeções da Gasolina nos anos de referência representam aproximadamente 50% das inspeções totais em combustíveis, seguidos do Diesel, Etanol e GNV, sendo o último, representando menos de 0,1% das inspeções, apesar de representar mais de o dobro em custos totais dentre os combustíveis (0,21%).

Tabela 33 – Unidades inspecionadas de combustíveis veiculares

Combustíveis	Unidades inspecionadas InspComb			
	2019	2020	2021	Total
<i>Gasolina</i>	178.198	154.415	182.087	514.700
<i>Etanol</i>	84.667	73.970	88.028	246.665
<i>Diesel</i>	96.480	83.328	98.129	277.937
<i>GNV</i>	343	214	305	862
<i>Total</i>	359.688	311.927	368.549	1.040.164

8 Aplicação dos critérios de aprovação

8.1 Cesta básica

As portarias 248, de 17 de julho de 2008, e 328, de 29 de julho de 2021 (MDIC, INMETRO), regulam os critérios de reprovação, individual e por média, para os produtos da cesta básica e valor nominal. Para ilustrar, um pacote de arroz com 1kg de PN é considerado ilegal se o peso líquido real for inferior a 985g, ou superior a 1.015g.

Mesmo que nenhum pacote de uma amostra seja considerado ilegal, a amostra pode ser reprovada como um todo, se a diferença entre o peso médio da amostra e o PN, isto é, a perda média associada à amostra produzir um valor da estatística z superior a 3,09. Este valor z arbitrado corresponde a um nível de significância $\alpha=0,001$, ou 0,1%, implicando que a probabilidade de uma amostra correspondente a um processo de empacotamento corretamente calibrado vir a ser reprovado – o erro Tipo I – é de apenas 0,1%. Esse critério de reprovação por média com nível de significância α tão baixo assegura elevada proteção contra uma reprovação de uma amostra.

Dois exemplos ilustram esse ponto:

Exemplo 1: Uma amostra de 32 pacotes de arroz, de 1kg de PN, no dia 19/fev/2019, em Manaus. Os valores medidos, em gramas, foram:

997 999 998 997 996 996 996 997 999 999 994 998 998 995 999 992
996 997 995 996 997 999 1.001 996 995 994 997 995 995 995 995 996

Pode-se observar que nenhum valor violou o limite crítico, portanto nenhum pacote foi declarado ilegal. No entanto, o peso efetivo médio na amostra foi de 996,5g, correspondendo a uma perda média de 3,5g, com desvio padrão de 1,883g. Como o tamanho amostral foi 32, o erro padrão da média amostral, igual ao desvio padrão dividido pela raiz quadrada do tamanho amostral, ficou em 0,333. A estatística z é

$$z = \frac{\textit{perda média}}{\textit{erro padrão da perda média}} = \frac{3,5}{0,333} = 10,42$$

Ela supera, amplamente, o limite crítico. A amostra é então reprovada.

Exemplo 2: Uma amostra de 32 pacotes 1kg de açúcar, coletada no dia 25/mar/2019, em Goiânia, revelou forte incidência de valores irregulares como mostram os dados a seguir, ressaltando em vermelho:

1.030 984 962 1.022 998 955 957 1.028 958 993 1.021 973 1.027 958 1.022 1.038
 1.016 1.021 966 973 996 998 957 958 1.012 1.019 1.022 1.017 989 978 989 997

Dos 32 pacotes na amostra, 12 se encontraram abaixo do limite crítico de 985g, sendo, portanto, classificados como irregulares. No entanto, apesar da média amostral do peso efetivo de 994,8g, correspondendo a uma perda média de 5,2g, a amostra não foi reprovada. É que o desvio padrão, estimado em 26,95g, revelou uma variação muito grande no processo de empacotamento. Desta forma, a diferença entre a média amostral e o valor nominal não foi considerada estatisticamente significativa, podendo ser produto deste elevado nível de variabilidade do processo. Como o tamanho amostral foi 32, o erro padrão da média amostral, igual ao desvio padrão dividido pela raiz quadrada do tamanho amostral, foi de 4,689. A estatística z é

$$z = \frac{\textit{perda média}}{\textit{erro padrão da perda média}} = \frac{5,2 \times \sqrt{32}}{26,95} = \frac{29,4156}{26,95} = 1,0915$$

Com z muito inferior ao limite crítico convencionado para esta estatística, a amostra não pode ser reprovada pelo critério da distância estatística do peso médio ao PN, que neste exemplo foi de apenas 1,09, que assegura uma probabilidade de rejeição indevida (erro tipo 2) igual a 0,1%. Com uma estatística z=1,0915, as distorções observadas na amostra não são evidência estatisticamente nem de longe suficiente para tal. Por outro lado, numa amostra de tamanho 32, o limite tolerado de pacotes irregulares é 2. Neste caso, embora não reprovada pelo critério do peso médio, a reprovação pelo número tão elevado de pacotes irregulares foi amplamente sustentada.

A Tabela 34 e a Tabela 35 correspondem respectivamente aos anos 2019-2020 e 2021-2022, que ilustram a taxa de reprovação das amostras. Pode-se observar que esta taxa foi altamente elevada por conta do elevado nível de proteção garantida contra erro do tipo I, sendo no caso, o erro decorrente da reprovação de uma amostra representativa de um processo de empacotamento devidamente calibrado no valor nominal.

Tabela 34 – Presença total dos produtos na base Insp-3 em 2019 e 2020

Produto (Alimentos+GLP)	Operações de inspeção							
	2019				2020			
	Amostras	Unidades	Unidades ilegais	Amostras reprov.	Amostras	Unidades	Unidades ilegais	Amostras reprov.
GLP	1.138	16.834	720	1	453	6.347	316	0
Arroz	476	8.359	351	263	213	4.301	60	86
Feijão	449	8.602	650	227	202	4.076	275	82
Macarrão	449	7.285	864	261	150	2.181	276	96
Café	316	6.650	421	92	109	2.604	143	23
Pescado	204	4.531	951	0	100	1.806	518	0
Açúcar	248	4.220	520	123	114	2.319	320	50
Biscoito	241	3.898	1.708	0	91	1.545	659	0
Queijo	175	3.693	1.043	0	80	1.538	630	0
Farinha de trigo	62	1.287	332	24	33	1.053	107	11
Carne de frango	96	2.068	324	0	20	397	86	0
Leite	49	1.357	4	7	20	665	0	0
Óleo de soja	29	605	9	2	19	530	0	1
Carne bovina	38	752	155	0	9	181	47	0
Carne suína	9	156	51	0	5	122	15	0
Pão	4	128	1	0	0	0	0	0
Total	3.983	70.425	8.104	1.000	1.618	29.665	3.452	349

Tabela 35 – Presença total dos produtos na base Insp-3 em 2021 e 2022

Produto (Alimentos+GLP)	Operações de inspeção							
	2021				2022			
	Amostras	Unidades	Unidades ilegais	Amostras reprov.	Amostras	Unidades	Unidades ilegais	Amostras reprov.
GLP	687	8.939	380	0	329	4.372	174	0
Arroz	328	6.095	158	182	151	2.300	45	86
Feijão	217	4.498	410	99	130	2.706	181	55
Macarrão	257	4.255	405	152	114	1.702	174	57
Café	164	3.664	208	31	97	1.940	114	18
Pescado	217	3.829	1.118	0	150	2.876	711	0
Açúcar	105	1.758	187	37	59	1.080	126	13
Biscoito	138	2.150	818	0	42	626	315	0
Queijo	106	1.980	840	0	59	946	454	0
Farinha de trigo	32	714	148	9	9	234	46	2
Carne de frango	15	254	56	0	10	201	36	0
Leite	16	518	16	1	8	130	0	2
Óleo de soja	18	345	2	3	13	247	1	1
Carne bovina	21	294	87	0	11	157	49	0
Carne suína	17	382	66	0	10	201	98	0
Pão	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	2.338	39.675	4.899	514	1.192	19.718	2.524	234

Observando as tabelas anteriores, verifica-se que, para os anos de referência, as amostras e unidades inspecionadas são lideradas pelo GLP, seguido de produtos de consumo significativo, como o arroz, o feijão e o macarrão. Apesar do consumo significativo, estes produtos não são os mais consumidos, tampouco representam os custos mais elevados dentro do Carrinho Brasil.

Pode-se observar também produtos que representam parte significativa dos custos da cesta básica do brasileiro, como as carnes, o leite e o pão, que apresentaram um número reduzido de amostras. Há de se considerar que as carnes, assim como o pão, são inspecionadas através de balanças presentes nos pontos de vendas.

Ao considerar o total das amostras dentre os produtos analisados nas tabelas anteriores, 25,11% das amostras inspecionadas foram consideradas ilegais em 2019, 21,57% no ano de 2020, 21,98% em 2021, e 19,63% em 2022.

No caso do total das unidades inspecionadas, 11,51% foram reprovadas em 2019, 11,64% no ano de 2020, 12,35 em 2021 e 12,80% em 2022.

A Tabela 36 sumariza as informações gerais sobre os pesos nominais de 10 dos produtos alimentares mais o GLP, na base Insp-4, entre janeiro de 2019 e abril de 2022.

Tabela 36 – Detalhe das amostras coletadas no período jan-2019 a abr-2022, para o GLP e os 10 produtos alimentícios da Cesta Básica, constantes na base original, Insp-0, com informações de valores nominais de referência, por formato considerado.

Produto	PN (g)	Amostras Coletadas			Unidades Inspeccionadas				
		Totais	Reprovadas		Totais	Médias por amostra	Ilegais		Médias das perdas
			Totais	ppk			Totais	ppk	
Açúcar	1.000	432	167	387	7.671	17,8	1.002	131	-0,2
Açúcar	2.000	94	56	596	1.706	18,1	151	89	5,7
Arroz	1.000	1.041	560	538	18.434	17,7	568	31	-0,3
Arroz	5.000	127	57	449	2.621	20,6	46	18	-0,9
Biscoito	110	397	0	0	6.073	15,3	2.966	488	0,1
Biscoito	120	115	0	0	2.146	18,7	534	249	-4,6
Café	250	399	99	248	7.922	19,9	575	73	-1,0
Café	500	287	65	226	6.936	24,2	311	45	-2,1
Farinha de trigo	1.000	136	46	338	3.288	24,2	633	193	-3,5
Feijão	500	67	21	313	1.236	18,4	149	121	-4,6
Feijão	1.000	930	442	475	18.646	20,0	1.367	73	-0,2
GLP	13.000	2.607	1	0	36.492	14,0	1.590	44	-29,4
Leite (*)	1.000	93	10	108	2.670	28,7	20	7	-6,8
Macarrão	500	970	566	584	15.423	15,9	1.719	111	0,5
Óleo de soja (*)	900	79	7	89	1.727	21,9	12	7	-3,2
Pão	400	3	0	0	96	32,0	1	10	-32,8
Pão	500	1	0	0	32	32,0	0	0	-35,9
Totais		7.778	2.097	270	133.119	17,1	11.644	87	

(*) em ml

A tabela anterior ilustra, para cada formato analisado, a alta incidência geral de unidades ilegais e amostras reprovadas, para a totalidade das inspeções nesta base.

A Tabela 36 revela uma ampla faixa de variação na taxa de reprovação de amostras, indo desde 0 para GLP e biscoitos, até 596ppk (59,6%) para açúcar em pacotes de 2kg. Outra observação se dá com as diferentes quantidades de amostras e unidades para pesos nominais distintos, do mesmo produto.

8.2 Combustíveis

A portaria nº 559 (MDIC, INMETRO; 2016) estabelece os requisitos técnicos, metrológicos e de segurança de software e hardware aplicáveis às bombas medidoras de combustíveis líquidos utilizadas nas medições de volume.

O Regulamento Técnico Metrológico estabelece as condições mínimas a serem observadas no controle metrológico legal das bombas medidoras de combustíveis líquidos, que estão relacionados com os produtos gasolina, etanol e diesel, contemplados neste estudo.

A reprovação aplicada sobre as bombas medidoras nas inspeções do INMETRO contempla, além do descumprimento dos erros máximos admissíveis para o volume das vazões das bombas medidoras de combustíveis, as condições mínimas de operação pré-estabelecidas verificadas nas inspeções, que podem incluir: manutenções em geral; a condição da mangueira de abastecimento, a apresentação adequada dos parâmetros da bomba para o consumidor (volume abastecido e preço, visíveis); apresentação do selo de conformidade com o INMETRO; a operação de abastecimento com vazões adequadas, dentre outros.

A Tabela 37 apresenta o caso de 2019 como exemplo, para a presença total dos combustíveis nas inspeções das bombas medidoras.

Tabela 37 – Presença total dos combustíveis nas inspeções das bombas medidoras pelo país em 2019

Combustíveis	Operações de inspeção		
	2019		
	Bicos	Reprovação técnica	Reprovação por erros admissíveis
Gasolina	178.198	15.505	1.795
Etanol	84.667	7.096	761
Diesel	96.480	11.984	1.158
GNV	343	28	3
Total	359.688	34.613	3.717

Conclui-se que, do total de 359.688 bicos analisados pelo país em 2019, foram reprovados pelo critério técnico 34.613 bicos, que representando 10,39% do total. Dentre as reprovações pelo critério técnico, 3.717 bicos descumpriram os erros máximos admissíveis para as vazões das bombas medidoras de combustíveis, contemplando 9,31% do total de reprovados.

A Gasolina apresentou cerca de 11,49% classificados como reprovação técnica, destes, 8,64% reprovados pelos erros admissíveis, o Etanol, 11,93% e 9,32%, o Diesel, 8,05% e 10,35%, e o GVN, 12,25% e 9,33%, respectivamente.

Não é possível estipular com exatidão a quantidade de bicos reprovados apenas pelo critério técnico, por conta da possibilidade de haver dentre os reprovados pelo critério técnico também pelo critério de erros admissíveis para as vazões. Pode-se afirmar que este número está entre 30.980 e 34.719 bicos.

Ao analisar as variáveis presentes nos dados de inspeção dos combustíveis observam-se os valores efetivos para a vazão mínima (VzMin) e vazão máxima (VzMax). Estas variáveis referem-se aos resultados das medições realizadas para cada vazão em cada amostra das inspeções dos combustíveis veiculares. As referidas medições apuram os erros nas amostras de 2 litros para cada vazão, assim como na média entre elas, e a diferença entre estas vazões, que não podem exceder os 100ml.

O resultado das medições de cada bico foi classificado de acordo com os valores admissíveis e não admissíveis para os erros estipulados na Portaria nº 559 (MDIC, INMETRO; 2016), sendo divididos entre: <-100 , que representam as inspeções com resultados de erro de medição não admissível, inferiores a $-100\text{ml}/20.000\text{ml}$ de combustível, sendo este erro contra o consumidor; $-100 \geq M \leq 100$, que representam as medidas com erro admissível, até $100\text{ml}/20.000\text{ml}$, para mais ou para menos; e >100 , que representam as medições com erros não admissíveis, superiores a $100\text{ml}/20.000\text{ml}$.

Pode-se observar na Tabela 38 seguinte a distribuição dos erros medidos nas inspeções, distribuídos pelas vazões das bombas de abastecimento de combustíveis para país no ano de 2019.

Tabela 38 – Distribuição dos erros de medida de acordo com as vazões das bombas de abastecimento de combustíveis em 2019.

Erro		Máx			Total
		<-100	-100>=M<=100	>100	
Mín	<-100	509	585	15	1.109
	-100>=M<=100	520	356.334	837	357.691
	>100	5	285	598	888
Total		1.034	357.204	1.450	359.688

Ao analisar a tabela anterior pode-se observar as faixas dos erros distribuídos entre as vazões máximas e mínimas, onde 356.334 medições se encontram dentro da faixa de erro legal para ambas as vazões, representando 99,07% das medições totais. Pode-se observar também, para ambas as vazões, que as medições com erros ilegais se concentram contra o consumidor.

Para uma melhor compreensão dos erros legais médios de inspeção, foi elaborada a Tabela 39, que apresenta uma análise específica das amostras que compõem as médias das 356.334 análises consideradas legais para os combustíveis no país em 2019.

Tabela 39 - Inspeções sobre as médias amostrais legais para os combustíveis no país em 2019.

Erro	-100>=M<=100
<-100	245
-100>=M<=100	355.971
>100	118
Total	356.334

Ao analisar a Tabela 39, percebe-se que, dentre as análises onde as médias compõem um erro admissível, existe uma parcela destas que ultrapassam os limites de erro legal, que estão representados pelas linhas <-100 e >100. Pode-se observar também que os erros ilegais para o consumidor compõem mais de o dobro dos erros ilegais para o vendedor. Ao todo, as amostras com erros ilegais representam 0,69%, com 3.739 bicos do total de 359.688.

9 A distribuição geográfica dos dados de inspeção

9.1 Cesta básica

A base de dados final utilizada para a análise, Insp-3, inclui 278.633 registros de unidades inspecionadas entre 2019 e 2022, cobrindo 27 UF's, 849 municípios, totalizando 120.040.395 habitantes, correspondentes a 58% da população.

As reprovações ocorrem segundo determinado padrão, variando muito entre UF's e entre municípios. Estas variações serão exploradas nas próximas etapas, como elementos de informação sobre o impacto das ações do INMETRO.

A Tabela 40 e a Tabela 41 apresentam as inspeções totais de todos os produtos da cesta básica presentes na base de dados Insp-3, distribuídos pelas UF's do país, sendo estes: GLP, Arroz, Feijão, Macarrão, Café, Pescado, Açúcar, Biscoito, Queijo, Farinha de trigo, Carne de frango, Leite, Óleo de soja, Carne bovina, Carne suína e Pão.

Tabela 40 – As inspeções Insp-3 dos produtos da cesta básica pelas UFs

UF	Região	Inspeções Insp-3 dos produtos cesta básica distribuídos nas UFs							
		2019		2020		2021		Total	
		Unidades	Reprovados	Unidades	Reprovados	Unidades	Reprovados	Unidades	Reprovados
RS	S	4.713	904	3.192	243	5.034	118	12.939	1.265
SC	S	4.473	215	3.188	130	4.828	59	12.489	404
PA	N	4.172	2.034	3.822	1.686	3.677	2.372	11.671	6.092
PR	S	6.195	1.337	1.149	451	2.363	784	9.707	2.572
MS	CO	4.520	820	2.154	310	2.947	386	9.621	1.516
SP	SE	4.313	1.412	2.212	356	1.392	151	7.917	1.919
MT	CO	4.031	1.757	1.238	728	2.361	1.154	7.630	3.639
RJ	SE	2.613	365	1.463	66	2.140	210	6.216	641
SE	NE	2.569	481	734	157	2.053	559	5.356	1.197
PE	NE	3.304	469	545	26	1.347	111	5.196	606
ES	SE	2.594	386	1.101	149	1.227	321	4.922	856
CE	NE	3.266	586	1.231	482	158	33	4.655	1.101
AL	NE	2.148	238	1.259	117	1.120	195	4.527	550
AM	N	1.874	579	869	191	1.679	460	4.422	1.230
BA	NE	1.529	750	837	278	1.994	744	4.360	1.772

Tabela 41 – As inspeções Insp-3 dos produtos da cesta básica pelas UFs (continuação).

UF	Região	Inspeções Insp-3 dos produtos cesta básica distribuídos nas UFs							
		2019		2020		2021		Total	
		Unidades	Reprovados	Unidades	Reprovados	Unidades	Reprovados	Unidades	Reprovados
MA	NE	2.487	202	1.409	71	342	65	4.238	338
PI	NE	2.387	859	445	39	1.072	0	3.904	898
GO	CO	2.869	476	212	84	631	208	3.712	768
DF	CO	3.174	520	224	0	80	0	3.478	520
MG	SE	1.435	183	704	52	714	40	2.853	275
TO	N	1.878	1.113	221	143	399	143	2.498	1.399
RR	N	1.376	172	326	26	574	117	2.276	315
RO	N	-	-	981	180	674	52	1.655	232
AP	N	1.276	506	-	-	39	39	1.315	545
RN	NE	1.073	77	65	0	109	0	1.247	77
AC	N	92	52	84	26	721	124	897	202
PB	NE	64	0	-	-	-	-	64	0
Brasil		70.425	16.493	29.665	5.991	39.675	8.445	139.765	30.929

Ao analisar as tabelas anteriores nota-se a ausência de unidades inspecionadas de quaisquer um dos produtos disponíveis na base Insp-3, sendo estes, no ano de 2019, em Rondônia, em 2020, Paraíba e Amapá, e em 2021, novamente na Paraíba. É possível observar Tocantins, Roraima e Rio Grande do Sul no topo da quantidade de unidades inspecionadas, enquanto na outra ponta, o Amazonas, Rio de Janeiro e o Pará.

Um fato curioso observado durante as análises dos dados de inspeção é a ocorrência, em algumas UFs, para determinados anos, de que a quantidade de unidades inspecionadas contém o número idêntico de unidades reprovadas, o que configura 100% de reprovação.

O exemplo na Tabela 42 ilustra as unidades inspecionadas do Arroz distribuídos pelas UFs no ano de 2019. Essa tendência se repete para os outros produtos da cesta básica, e para os anos subsequentes, sem relação observada.

Observando a Tabela 42, percebe-se este efeito no PN de 1.000g para os estados da Bahia, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Sergipe. No caso do PN de 5.000g, este ocorre no Mato Grosso, Rio de Janeiro, Santa Catarina e, novamente, no Mato Grosso do Sul.

Este fato ocorre devido a distintos procedimentos de análise e pré análise adotados nas inspeções dos produtos da cesta básica nas diferentes UFs do país, evidenciando uma possível falta de padronização nos referidos procedimentos.

Pode-se observar também na Tabela 42 a ausência de inspeções para o Arroz em algumas UFs no ano de 2019, fato que ocorre em grande parte dos produtos da cesta básica e em todos os anos com dados disponíveis.

Tabela 42 – Inspeções para o Arroz em 2019

Inspeções para o Arroz em 2019					
PN (g)		1.000		5.000	
UF	Região	Unidades	Reprovados	Unidades	Reprovados
AC	N	-	-	-	-
AL	NE	53	40	-	-
AM	N	406	161	-	-
AP	N	377	156	-	-
BA	NE	143	143	-	-
CE	NE	458	190	-	-
DF	CO	124	0	64	0
ES	SE	26	13	-	-
GO	CO	52	52	142	52
MA	NE	726	0	128	0
MG	SE	53	53	52	0
MS	CO	138	138	51	51
MT	CO	296	220	13	13
PA	N	1.259	487	32	0
PB	NE	-	-	-	-
PE	NE	207	26	-	-
PI	NE	683	503	32	0
PR	S	573	404	45	0
RJ	SE	201	13	13	13
RN	NE	230	59	13	0
RO	N	-	-	-	-
RR	N	392	0	64	0
RS	S	221	208	83	70
SC	S	117	39	13	13
SE	NE	117	117		
SP	SE	175	162	123	110
TO	N	195	169	269	191
Brasil		7.222	3.353	1.137	513

9.2 Combustíveis Veiculares

A base Insp-1 (Tabela 43), contém 1.040.164 registros de bicos inspecionados, sobre 27 UFs, 3.438 Municípios, totalizando 177.945.542 habitantes, correspondentes a 85% da população brasileira.

Tabela 43 – Inspeções dos combustíveis distribuídos por UFs

UF	Região	Inspeções dos combustíveis distribuídos por UFs											
		2019			2020			2021			Total		
		Bicos	Rep. Técnica	Rep. Erro adm.	Bicos	Rep. Técnica	Rep. Erro adm.	Bicos	Rep. Técnica	Rep. Erro adm.	Bicos	Rep. Técnica	Rep. Erro adm.
São Paulo	SE	109.552	6.330	1.068	114.335	8.248	1.345	123.000	6.790	1.274	346.887	21.368	3.687
Minas Gerais	SE	27.499	2.200	395	27.579	1.825	416	35.998	2.387	493	91.076	6.412	1.304
R. de Janeiro	SE	22.611	299	95	20.338	170	40	27.678	260	39	70.627	729	174
Paraná	S	34.351	8.981	466	8.936	1.583	73	18.137	3.631	229	61.424	14.195	768
Bahia	NE	14.870	1.333	121	22.673	2.535	746	20.945	1.997	296	58.488	5.865	1.163
S. Catarina	S	16.525	1.023	120	16.321	774	136	19.299	983	110	52.145	2.780	366
Pernambuco	NE	17.795	3.139	115	14.940	1.740	119	17.476	2.121	139	50.211	7.000	373
Ceará	NE	14.834	568	72	15.174	432	102	14.126	324	66	44.134	1.324	240
Mato Grosso	CO	13.360	795	122	10.738	267	70	11.586	486	66	35.684	1.548	258
R. G. do Sul	S	9.021	1.405	150	6.531	1.054	254	10.485	1.810	269	26.037	4.269	673
Pará	N	7.536	210	10	7.451	211	27	10.125	239	29	25.112	660	66
M. G.do Sul	CO	7.944	1534	93	6.573	626	57	7.549	733	74	22.066	2.893	224
Amazonas	N	8.968	288	41	5.498	44	4	5.588	49	10	20.054	381	55
Goiás	CO	11.031	1.854	183	1.935	180	17	6.364	915	74	19.330	2.949	274
Maranhão	NE	6.610	472	40	7.943	270	42	3.097	53	10	17.650	795	92
R. G. Norte	NE	6.290	565	84	4.483	469	53	4.991	319	53	15.764	1.353	190
E. Santo	SE	5.631	864	164	3.935	469	77	5.760	632	90	15.326	1.965	331
Piauí	NE	5.658	327	58	2.851	150	29	4.144	684	143	12.653	1.161	230
Paraíba	NE	3.777	1.098	61	2.334	260	28	5.247	309	50	11.358	1.667	139
Rondônia	N	2.240	204	35	3.271	226	45	4.785	361	94	10.296	791	174
Alagoas	NE	3.392	29	4	2.656	6	2	3.137	14	3	9.185	49	9
Tocantins	N	3.617	175	109	1.838	79	38	2.988	131	73	8.443	385	220
Sergipe	NE	2.991	227	23	1.424	93	6	3.024	130	18	7.439	450	47
Acre	N	902	48	17	1.337	54	9	1.592	62	5	3.831	164	31
Amapá	N	608	36	5	493	22	3	696	61	8	1.797	119	16
Roraima	N	694	21	11	282	2	2	653	2	0	1.629	25	13
D. Federal	CO	1381	588	55	58	16	4	79	29	6	1.518	633	65
Brasil		359.688	34.613	3.717	311.927	21.805	3.744	368.549	25.512	3.721	1.040.164	8.1930	11.182

Ao analisar a Tabela 43 verifica-se, dentre a totalidade de inspeções nos anos de referência, que São Paulo contempla aproximadamente 30% do total, e na outra ponta, o Distrito Federal, com aproximadamente 0,15% do total de inspeções. Verificou-se inspeções em todas as UFs do país.

10 Distorção econômica: Composição e Valores

10.1 Composição da Distorção Econômica

A distribuição econômica (DE) apresenta maior complexidade do que simplesmente a DEI e a DEL. Com auxílio da equipe de desenvolvimento deste projeto, a DE foi subdividida em nove partes, sendo:

- DET – Distorção Econômica Total = DETV + DETC
- DETV – Distorção Econômica Total contra vendedor = DELV + DEIV
- DETC – Distorção Econômica Total contra comprador = DELC + DEIC
- DELT – Distorção Econômica Legal Total = DELV + DELC
- DEIT – Distorção Econômica Ilegal Total = DEIV + DEIC
- DELV – Distorção Econômica Legal contra vendedor
- DELC – Distorção Econômica Legal contra comprador
- DEIV – Distorção Econômica Ilegal contra vendedor
- DEIC – Distorção Econômica Ilegal contra comprador

Para melhor compreensão da composição da DE foi elaborada a Figura 23, que apresenta suas variantes nas distorções para o comprador e para o vendedor.

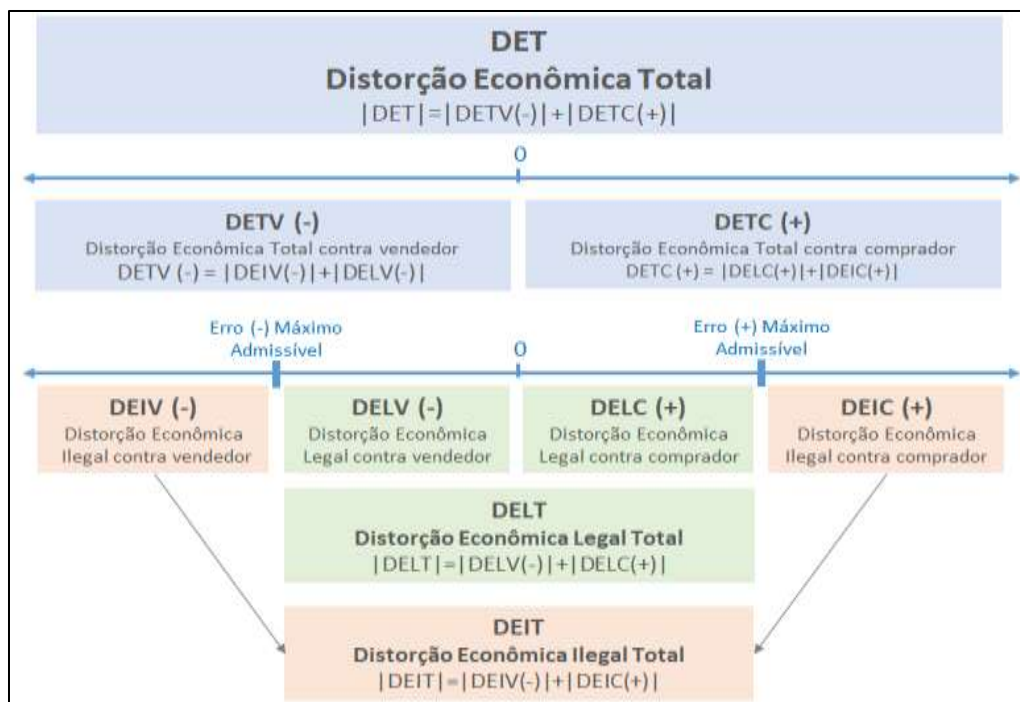


Figura 23 – Composição da Distorção Econômica (Fonte: Inmetro)

10.2 Valores da Distorção Econômica

Com base nas informações dos dados de consumo, preço e nas base de inspeções, chegou-se aos valores globais e por UF das distorções econômicas. As tabelas apresentadas para cada ano de referência neste capítulo apresentam, nas linhas os produtos e nas colunas, as principais características dos produtos utilizadas para o cálculo da DE no país.

10.2.1 Cesta básica

Em relação aos produtos da cesta básica, foram obtidos como resultados principais os valores da DE calculada entre os produtos que contemplam dados significativos de registros de inspeções para a cesta básica, sendo estes o Arroz, Feijão, Açúcar, Café, Óleo, Macarrão, Farinha de Trigo, Leite, Biscoito e Queijo.

Nas tabelas seguintes com os resultados da DE para cada ano da cesta básica, presentes neste subcapítulo, são apresentados os valores das perdas e distorções econômicas associadas a uma perda negativa, em vermelho, que configuram uma perda para o vendedor, e os demais, associados a uma perda positiva, configuram uma perda para o consumidor. A Tabela 44 apresenta a DE para os produtos da cesta básica no ano de 2019.

Tabela 44 – Valores associados a distorção econômica do país para a cesta básica, em 2019.

Produto	Inspeções (Unidades)	Massa Inspeccionada (kg)	Perda Total Inspeccionada (g)	Preço Médio (R\$/kg)	Resultado			
					Consumo (Mkg)	Perda (Kkg)	Custo (MR\$)	Distorção (KR\$)
Arroz	8.359	12.907	3.287	3,07	10.600	2.700	32.542	8.288
Feijão	8.602	8.317	2.231	5,82	3.100	832	18.042	4.840
Açúcar	9.378	8.525	127	2,90	3.927	58	11.389	170
Café	14.859	5.449	-22.945	19,33	1.013	-4.265	19.580	-82.448
Óleo	606	436	-1.425	4,62	545	-1.780	2.517	-8.224
Macarrão	7.286	3.643	-4.809	6,60	2.815	-3.716	18.579	-24.525
Farinha de trigo	3.289	3.289	-11.512	3,33	614	-2.148	2.043	-7.152
Leite	2.713	2713	-25,39	3,50	34.968	-327	122.390	-1.146
Biscoito	3.900	441	-3.995	19,79	1.120	-10.148	22.162	-200.839
Queijo	2.264	648	-14	19,78	445	-10	8.800	-194
Total	58.992	45.720	-39.067	7,66	58.702	-18.795	249.245	-311.035

Pode-se ver na tabela anterior que os produtos Arroz, Feijão e Açúcar, no ano de 2019, apresentaram uma DE final positiva, que significa uma perda para o consumidor. Dentre estes, o Arroz apresentou a maior DE, apesar de o Feijão apresentar uma taxa de perda dentro da massa inspecionada ligeiramente superior ao Arroz. Este fato ocorre devido ao custo elevado do Arroz, associado ao seu preço e altíssimo consumo.

Já os demais produtos apresentaram uma DE de final negativa, que configura uma perda para o vendedor. Dentre estes, a maior DE agregada foi no Biscoito, seguido pelo Café e Macarrão, e na outra ponta, o Queijo. No caso das DE negativas em 2019, os produtos com DE elevada também foram os que apresentaram maior taxa de perda dentre as massas inspecionadas, com 0,91% para o Biscoito e 0,42% para o café.

Dentro do total das massas inspecionadas nos produtos, constatou-se que houve uma perda negativa, configurando uma taxa de perda média de 0,09% das massas inspecionadas. A Tabela 45 apresenta a DE para os produtos da cesta básica no ano de 2020.

Tabela 45 – Valores associados a distorção econômica do país para a cesta básica, em 2020.

Produto	Inspeções (Unidades)	Massa Inspecionada (kg)	Perda Total Inspecionada (g)	Preço Médio (R\$/kg)	Resultado			
					Consumo (Mkg)	Perda (Kkg)	Custo (MR\$)	Distorção (KR\$)
Arroz	4.301	5.845	-12.018	4,03	10.850	-22.309	43.726	-89.905
Feijão	4.078	3.968	-6.933	6,83	3.000	-5.242	20.490	-35.803
Açúcar	2.320	2887,5	-606	3,17	3.957	-831	12.545	-2.634
Café	2.604	968	-4.403	19,19	1.021	-4.644	19.587	-89.113
Óleo	531	382	-1.597	6,78	686	-2.867	4.653	-19.441
Macarrão	2.181	1090,5	-3.075	6,33	2.837	-7.999	17.956	-50.635
Farinha de trigo	1.053	1053	-8.287	3,64	618	-4.866	2.251	-17.713
Leite	665	665	-3,9	4,03	35.236	-204	142.002	-824
Biscoito	1.545	173,01	-1.555	20,44	1.128	-10.142	23.065	-207.293
Queijo	1.081	209	-1,4	20,59	448	-3	9.230	-61
Total	20.359	17.240	-38.480	9,50	59.782	-59.107	295.504	-513.422

Ao analisar a tabela anterior pode-se observar que todos os produtos da cesta básica no ano de 2020 apresentaram uma DE final negativa, que configura uma perda para o vendedor. Dentre estes, a maior DE agregada foi no Biscoito, seguindo a tendência de 2019, seguido do Arroz e Café, e na outra ponta, como em 2019, o Queijo.

Dentro do total das massas inspecionadas nos produtos, referente ao total, constatou-se que houve uma perda negativa, configurando uma taxa de perda média de 0,22% das massas inspecionadas, taxa superior a 2019. Dentre os produtos, o Biscoito apresentou a maior taxa de perda dentre as massas inspecionadas, com 0,90%, seguido da Farinha de trigo. Na outra ponta está o Queijo, seguido do Açúcar.

A Tabela 46 apresenta a DE para os produtos da cesta básica no ano de 2021.

Tabela 46 – Valores associados a distorção econômica do país para a cesta básica, em 2021.

Produto	Inspeções (Unidades)	Massa Inspecionada (kg)	Perda Total Inspecionada (g)	Preço Médio (R\$/kg)	Resultado			
					Consumo (Mkg)	Perda (Kkg)	Custo (MR\$)	Distorção (KR\$)
Arroz	6.096	9.500	-4.694	4,98	11.000	-5.435	54.780	-27.066
Feijão	4.486	4.348	-1.697	7,86	2.850	-1.113	22.401	-8.745
Açúcar	1.758	2252,5	-3.244	4,00	3.986	-5.742	15.946	-22.968
Café	3.664	1361,25	-6.424	23,11	1.028	-4.852	23.761	-112.140
Óleo	531	382,32	-675	10,10	691	-1.221	6.983	-12.337
Macarrão	4.255	2127,5	-1.915	7,04	2.857	-2.572	20.117	-18.105
Farinha de trigo	715	715	-5.749	4,23	623	-5.008	2.635	-21.184
Leite	519	519	-1,1	4,44	35.496	-78	157.602	-345
Biscoito	2.151	242	-3.737	22,08	1.137	-17.552	25.100	-387.558
Queijo	1.275	204	0,02	23,30	452	0	10.522	1
Total	25.450	21.651	-28.137	11,11	60.121	-43.573	339.848	-610.448

Na tabela anterior tem-se que todos os produtos da cesta básica no ano de 2021, com exceção do Queijo, apresentaram uma DE final negativa, que configura uma perda para o vendedor. Dentre estes, a maior DE agregada foi novamente no Biscoito, seguido do Café, e com menor significância, o Arroz em terceiro. Na outra ponta está novamente o Queijo, único produto em 2021 que apresentou uma ligeira perda positiva, impactando negativamente o consumidor.

Dentro do total das massas inspecionadas nos produtos, referente ao total, constatou-se que houve uma perda negativa, configurando uma taxa de perda média de 0,13% das massas inspecionadas, taxa inferior a 2020 e superior a 2019. Dentre os produtos, o Biscoito apresentou novamente a maior taxa de perda dentre as massas inspecionadas, com 1,51%, seguido da Farinha de trigo com 0,80%. Na outra ponta está novamente o Queijo, seguido do Leite.

10.2.2 Combustíveis

Em relação aos combustíveis veiculares, obteve-se como resultados principais os valores da DE calculada para as vazões mínimas e máximas da Gasolina, Diesel e Etanol.

Nas tabelas com os resultados da DE para cada ano dos combustíveis, presentes neste subcapítulo, são apresentados os valores das perdas e distorções econômicas associadas a uma perda negativa, em vermelho, que configuram uma perda para o vendedor, e os demais, associados a uma perda positiva, configuram uma perda para o consumidor.

A Tabela 47 apresenta a DE para os combustíveis no ano de 2019.

Tabela 47 – Valores associados a distorção econômica do país para os combustíveis, em 2019.

inspeções			Perda Média por bico (ml)	Volume Inspeccionado (l)	Perda Total Inspeccionada (l)	Preço Médio (R\$/l)	Resultado			
Vazão	Produto	Bicos					Volume (l)	Perda (l)	Custo (R\$)	Distorção (R\$)
Mínima	Gasolina	178.198	2,018	3.563.960	359,5	4,48	38.165.036.770	3.850.161	170.979.364.730	17.248.720
	Etanol	84.667	3,451	1.693.340	292,2	3,32	22.544.050.000	3.890.058	74.846.246.000	12.914.993
	Diesel	96.480	2,936	1.929.600	283,3	3,69	57.298.447.724	8.412.413	211.431.272.102	31.041.806
Máxima	Gasolina	178.198	7,503	3.563.960	1.336,9	4,48	38.165.036.770	14.316.665	170.979.364.730	64.138.658
	Etanol	84.667	2,102	1.693.340	178	3,32	22.544.050.000	2.369.526	74.846.246.000	7.866.825
	Diesel	96.480	6,175	1.929.600	595,7	3,69	57.298.447.724	17.689.589	211.431.272.102	65.274.584

Pode-se observar na tabela anterior que todos os combustíveis no ano de 2019 apresentaram uma DE final positiva para ambas as vazões, que significa uma perda para o consumidor. Vê-se também que a Gasolina e o Diesel, que apresentam DE com maior significância, esta DE é maior para a vazão máxima, ao contrário do Etanol.

Dentro do total das massas inspecionadas nos combustíveis, conclui-se que a maior taxa de perda está na vazão máxima, com números próximos para a Gasolina (0,037%) e Diesel (0,030%). A menor taxa está na vazão mínima para a Gasolina, com 0,010%.

A Tabela 48 apresenta a DE para os combustíveis no ano de 2020.

Tabela 48 – Valores associados a distorção econômica do país para os combustíveis, em 2020.

inspeções			Perda Média por bico (ml)	Massa Inspeccionada (l)	Perda Total Inspeccionada (l)	Preço Médio (R\$/l)	Resultado			
Vazão	Produto	Bicos					Massa (l)	Perda L	Custo (R\$)	Distorção (R\$)
Mínima	Gasolina	154.415	0,747	3.088.300	115,3	4,34	35.823.614.166	1.337.362	155.474.485.480	5.804.153
	Etanol	73.970	-3,407	1.479.400	-252,0	3,31	19.257.930.000	-3.280.370	63.743.748.300	-10.858.024
	Diesel	83.328	-4,218	1.666.560	-351,4	3,51	57.472.056.312	-12.119.598	201.726.917.655	-42.539.788
Máxima	Gasolina	154.415	4,816	3.088.300	743,6	4,34	35.823.614.166	8.626.156	155.474.485.480	37.437.519
	Etanol	73.970	1,670	1.479.400	123,5	3,31	19.257.930.000	1.607.752	63.743.748.300	5.321.659
	Diesel	83.328	-2,293	1.666.560	-191,1	3,51	57.472.056.312	-6.589.099	201.726.917.655	-23.127.736

Pode-se observar na tabela anterior que, para ambas as vazões, a Gasolina apresentou uma DE positiva, configurando uma perda para o consumidor, e o Diesel, uma DE negativa, que configura uma perda para o vendedor. No caso do Etanol, este apresentou uma DE de menor significância, sendo negativa para a vazão mínima, e positiva para a vazão máxima.

Dentro do total das massas inspecionadas nos combustíveis, conclui-se que a maior taxa de perda está na vazão máxima para a Gasolina (0,024%) e na vazão mínima para o Diesel (0,021%). A menor taxa está, assim como em 2019, na vazão mínima da Gasolina, com 0,0037%.

A Tabela 49 apresenta a DE para os combustíveis no ano de 2021.

Tabela 49 – Valores associados a distorção econômica do país para os combustíveis, em 2021.

inspeções			Perda Média por bico (ml)	Massa Inspecionada (l)	Perda Total Inspecionada (l)	Preço Médio (R\$/l)	Resultado			
Vazão	Produto	Bicos					Massa (l)	Perda L	Custo (R\$)	Distorção (R\$)
Mínima	Gasolina	182.087	0,354	3.641.740	64,4	4,48	38.165.036.770	675.377	170.979.364.730	3.025.687
	Etanol	88.028	-0,931	1.760.560	-82,0	3,32	22.544.050.000	-1.049.566	74.846.246.000	-3.484.558
	Diesel	98.129	-1,898	1.962.580	-186,3	3,69	57.298.447.724	-5.438.386	211.431.272.102	-20.067.646
Máxima	Gasolina	182.087	4,327	3.641.740	787,9	4,48	38.165.036.770	8.256.624	170.979.364.730	36.989.674
	Etanol	88.028	2,373	1.760.560	208,9	3,32	22.544.050.000	2.675.192	74.846.246.000	8.881.636
	Diesel	98.129	-1,266	1.962.580	-124,2	3,69	57.298.447.724	-3.627.275	211.431.272.102	-13.384.643

Observa-se na tabela anterior que, da mesma forma que em 2020, a gasolina apresentou para ambas as vazões uma DE positiva, configurando uma perda para o consumidor, e o Diesel, uma DE negativa, que configura uma perda para o vendedor. No caso do Etanol, novamente, apresentou uma DE negativa para a vazão mínima, e positiva para a vazão máxima.

Dentro do total das massas inspecionadas nos combustíveis conclui-se que a maior taxa de perda está na vazão máxima para a Gasolina, com 0,021%, muito superior as demais, onde na outra ponta, está a vazão mínima para a Gasolina, em 0,002%.

11 A aplicação Inspetor

A aplicação Inspetor foi desenvolvida como parte integrante do Projeto para a realização do processamento das Bases de dados de Inspeções (BI), em especial das bases Insp-3 (cesta básica + GLP) e InspComb (combustíveis), com a possibilidade de seleção de filtros no processo, podendo assim apresentar informações específicas sobre determinado subconjunto de dados. A Figura 24 refere-se à apresentação da tela principal da aplicação Inspetor, e a Figura 25, a tela do impacto das variáveis DET.

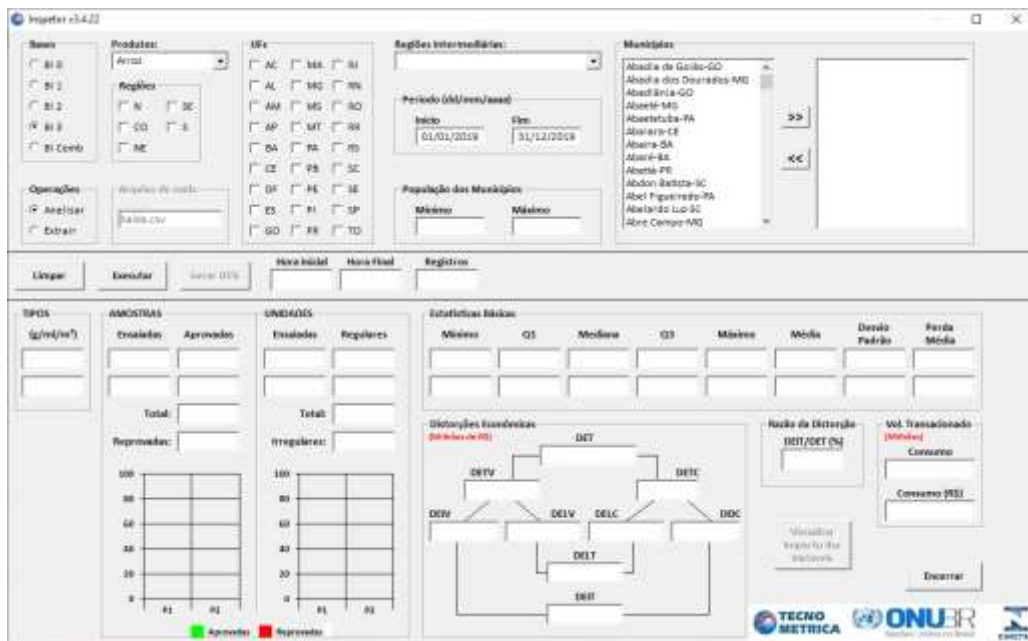


Figura 24 - Tela principal da aplicação Inspetor.



Figura 25 - Tela do Impacto das Variáveis na DET.

Filtros e Escolhas

Na aplicação são disponibilizados os seguintes opções:

- 1) **Bases:** é possível escolher qual a base BI onde será realizado o processamento, podendo ser:
 - a. BI 0 (Insp-0) – Base de dados de inspeções original, com a estrutura e os registros disponibilizados pelo Inmetro. Esta base contém adições realizadas pela TecnoMetrica para garantir o relacionamento entre bases, assim como a padronização de variáveis;
 - b. BI 1 (Insp-1) – Trata-se da base BI-0, que passou pela exclusão dos registros referentes a produtos fora da cesta básica;
 - c. BI 2 (Insp-2) – Trata-se da base BI-1, que retratou a exclusão de registros com alguma inconsistência em suas variáveis, seja por falta de informação ou incompatibilidade de dados;
 - d. BI 3 (Insp-3) – É a base foco do projeto relacionada a alimentos e GLP. Esta base foi derivada da base BI-2, após a exclusão dos registros de formatos (tamanho, peso ou volume) considerados raros para cada produto;
 - e. BI Comb (InspComb) – Base de dados de inspeções de combustíveis veiculares. Esta base foi gerada a partir de uma base inicial, não incluída na aplicação, após a exclusão de registros onde o valor efetivo do produto medido configura um dado incompatível.

- 2) **Operações:** é possível escolher entre duas opções:
 - a. Analisar – opção que processa os registros selecionados de acordo com os filtros escolhidos e apresenta os resultados;
 - b. Extrair – opção que processa os registros selecionados de acordo com os filtros escolhidos, apresenta os resultados e gera os arquivos de saída dos registros. Além disso, libera a utilização do botão *Gerar DETs*.

- 3) **Arquivo de saída:** campo utilizado para definir o nome do arquivo que conterà os registros encontrados na base, de acordo com os filtros selecionados. O nome atribuído pela aplicação é “Saída.csv”, mas pode ser personalizado para cada processamento. A extensão em formato CSV é mantida para facilitar a posterior utilização do arquivo em planilha.

- 4) **Produtos/Combustíveis:** contém a lista de produtos da cesta básica ou dos combustíveis, sendo que a lista exposta é definida quando se escolhe a base correspondente.

- 5) **Regiões:** lista fixa com as 5 regiões geográficas do Brasil e a marcação uma, algumas ou todas (que equivale nenhuma estar marcada), aciona a cascata de atualizações dos filtros e campos subsequentes, deixando-os condizentes com estas marcações.

- 6) **UF's:** lista fixa de todas as UF's do Brasil, que pode ser selecionada independente dos filtros anteriores, mas quando estes são acionados, a lista é atualizada para respeitar a hierarquia do filtro de maior nível.
- 7) **Regiões Intermediárias:** possui inicialmente a lista de todas as regiões intermediárias, que é atualizada conforme a utilização dos filtros anteriores.
- 8) **Período:**
 - a. Início: campo para informar a data inicial do período que se deseja pesquisar nos registros da base.
 - b. Fim: campo para informar a data final do período que se deseja pesquisar nos registros da base. Este campo, mais especificamente o ano da data informada, também é utilizado para definir os parâmetros a serem utilizados para o cálculo das DETs, principalmente quando este período abranger mais de um ano.
- 9) **População dos Municípios:**
 - a. Mínimo: campo para preenchimento do menor valor de população de município para análise.
 - b. Máximo: campo para preenchimento do maior valor de população de município para análise.
- 10) **Municípios:** composto por duas listas, onde a primeira (à esquerda) contém inicialmente a lista de todos os municípios do Brasil, a qual é atualizada conforme são escolhidos/selecionados outros parâmetros.
A segunda lista (à direita) contém os municípios escolhidos para análise. Para incluir municípios é necessário a seleção dos mesmos na primeira lista e a utilização do botão ">>", para adicionar à segunda lista. Para devolver um elemento à primeira lista (retirar a seleção) aplica-se o uso do botão "<<".

Ações de funcionalidades e Informações de processamento

Há nesta parte 3 botões para ações, 3 campos de informações sobre a ação de Executar e 1 barra de progresso sobre o andamento do processo de pesquisa na base selecionada:

- 1) **Botão Limpar:** realiza o retorno para a configuração inicial da tela, retirando todos os filtros marcados, apagando todos os campos digitados e revertendo todas as seleções feitas, para assim realizar nova pesquisa em uma base limpa.
- 2) **Botão Executar:** ao ser acionado, abre uma tela de questionamento onde o usuário é perguntado se a execução deverá fazer um comparativo, do produto informado entre o ano selecionado e o ano anterior, caso exista, possibilitando a exposição do impacto das variáveis componentes da DE na DET. Após isso, dispara uma série de atividades para se chegar às informações que serão expostas nos resultados, em especial as atividades de

identificação dos filtros e seleções escolhidos, a leitura da base, a exibição dos resultados e, a depender da operação marcada, a geração do arquivo de saída.

- 3) **Botão Gerar DETs:** realiza as mesmas atividades do botão Executar, mas em um loop que percorre todos os produtos da base escolhida, podendo ser BI 3 ou BI Comb, para cada UF, e gera um arquivo de saída formato CSV contendo todas essas combinações, além das nove variáveis da composição da DE.
- 4) **Hora Inicial:** informa a hora que foi iniciada a leitura e análise da base.
- 5) **Hora Final:** informa a hora final de todo o processo realizado.
- 6) **Registros:** exibe o número de registros (unidades de amostra) lidos na base.
- 7) **Barra de Progresso:** exibida após o início do processamento, mais especificamente após o acionamento do botão Executar, a barra de progresso apresenta a evolução percentual da leitura da base e desaparece após a conclusão dessa leitura.

Resultados

A partir da análise dos dados filtrados da base selecionada são expostas as seguintes informações:

- 1) **Tipos:** contém os tipos do produto selecionado, separados pela sua unidade de medida, apresentando as duas principais disposições, em peso ou volume, encontradas nas bases.
- 2) **Amostras:** contém as quantidades de amostras ensaiadas, aprovadas, total e o total das reprovadas, para cada tipo de produto exposto. Os dois primeiros valores estão também expostos de forma gráfica para facilitar sua leitura e interpretação.
- 3) **Unidades:** contém as quantidades de unidades de amostras ensaiadas, regulares, total e o total das irregulares, para cada tipo de produto exposto. Assim como para as amostras, também expõe em gráfico as duas primeiras quantidades.
- 4) **Estatísticas Básicas:** contém as informações que mostram uma visão de como está a dispersão dos registros da base para os tipos de produtos. Essas informações estão nos campos Mínimo, Primeiro Quartil (Q1), Mediana, Terceiro Quartil (Q3), Máximo, Média, Desvio Padrão e Perda Média.
- 5) **Distorções Econômicas (DE):** baseadas nas informações das amostras e seus respectivos cálculos estatísticos expõe a extrapolação monetária para o universo do produto em questão, nas componentes da DE:
 - a. **DET:** Distorção Econômica Total

- b. **DETV**: Distorção Econômica Total contra o Vendedor
- c. **DETC**: Distorção Econômica Total contra o Consumidor
- d. **DEIV**: Distorção Econômica Ilegal contra o Vendedor
- e. **DELV**: Distorção Econômica Legal contra o Vendedor
- f. **DELC**: Distorção Econômica Legal contra o Consumidor
- g. **DEIC**: Distorção Econômica Ilegal contra o Consumidor
- h. **DELT**: Distorção Econômica Legal Total
- i. **DEIT**: Distorção Econômica Ilegal Total

Obs.: No caso dos combustíveis (BI-Comb), existem duas medidas para cada inspeção (vazão mínima e máxima), sendo assim, por critério simplesmente de escolha, na aplicação as distorções são calculadas utilizando apenas a vazão mínima.

- 6) **Razão da Distorção**: é a relação percentual de DEIT sobre DET e é usada para acompanhamento evolutivo dos resultados das inspeções e ações realizadas pelo Inmetro para o produto.
- 7) **Volume Transacionado**: mostra o consumo total do Brasil para o produto e demais filtros selecionados, em valor nominal e monetário.

Ações de Visualização de Impacto e Encerramento da Aplicação

- 1) **Botão *Visualizar Impacto das Variáveis***: disponível somente quando a ação de Executar é realizada com a informação de que se deve processar o ano selecionado e o ano anterior deste. Esta ação mostra uma segunda tela da aplicação, estilo *pop-up*, com os valores da decomposição da DET em suas variáveis, exibindo o impacto de cada uma sozinha e também da relação entre elas.
- 2) **Botão *Encerrar***: fecha a aplicação, da mesma forma de se clicar no botão padrão "X" da tela. Este botão está localizado na parte inferior direita da tela.

12 Conclusões

Partindo do objetivo síntese das inspeções do INMETRO, de garantia do correto equilíbrio metrológico dos inúmeros processos de empacotamento dos produtos a serem postos à venda para o público, sobre o amplíssimo Território Nacional.

Se um produto alimentício vai ser empacotado e posto à venda ao público consumidor por uma empresa – voltando ao exemplo ilustrativo perfeito: o Arroz, em pacotes de 1kg – uma missão importante do INMETRO é monitorar fiscalizando a qualidade metrológica do empacotamento, mantendo a quantidade média de produto por pacote rigorosamente próximo da quantidade declarada na embalagem (peso ou volume nominais).

Voltando-se ao bom exemplo ilustrativo: o Arroz em pacotes de 1kg. Neste caso, o objetivo é garantir que os pacotes produzidos apresentem pesos médio rigorosamente próximo do valor nominal (1kg nesse exemplo), e com a oscilação (inevitável em situações físicas reais), produzindo valores contidos dentro dos limites de tolerância convencionados, entre 985 e 1.015 gramas. As figuras seguintes ilustram três sequências fictícias de 1.000 pacotes cada, de pesos representados pelos pontos verdes. A Figura 26 ilustra um caso que pode ser considerado ideal, com valor médio igual a 1.000,0g, e variabilidade tão pequena que torna a produção esporádica de um ou outro pacote com peso um pouco abaixo de 985g ou um pouco acima de 1.015, muito rara ou praticamente impossível (enquanto, é claro, que aquele status metrológico seja sustentado).

A Figura 27 ilustra um caso semelhante ao anterior, porém contaminado por uma oscilação regular de baixa frequência, mas com uma produção bem-comportada de pacotes de peso médio igual a 1.000,0g, e plenamente contido dentro dos limites de tolerância, porém, como já visto, altamente vulnerável a reprovações de amostras de algumas dezenas de pacotes pegos na sequência natural de produção, embora sem registros de casos de pacotes irregulares.

A Figura 28 ilustra um outro caso, semelhante ao primeiro: igualmente regular e com parâmetros estatísticos estáveis, centrado no valor nominal, mas oscilando com amplitude maior, tornando já possível a ocorrência – bastante esparsa – de pacotes irregulares.

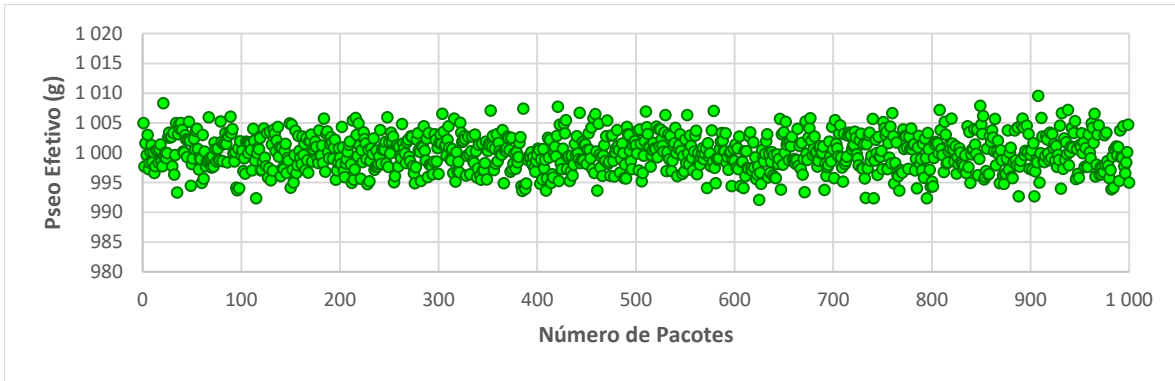


Figura 26 - Empacotamento considerado ideal

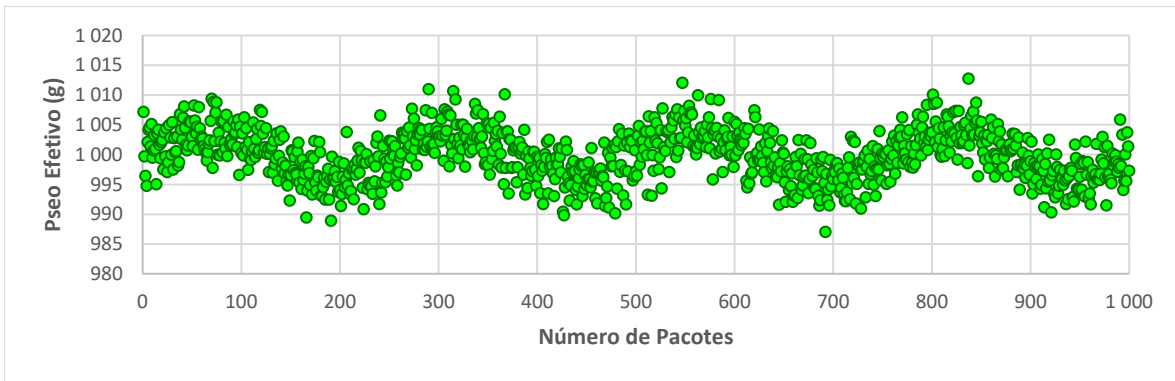


Figura 27 - Empacotamento contaminado por uma oscilação regular de baixa frequência

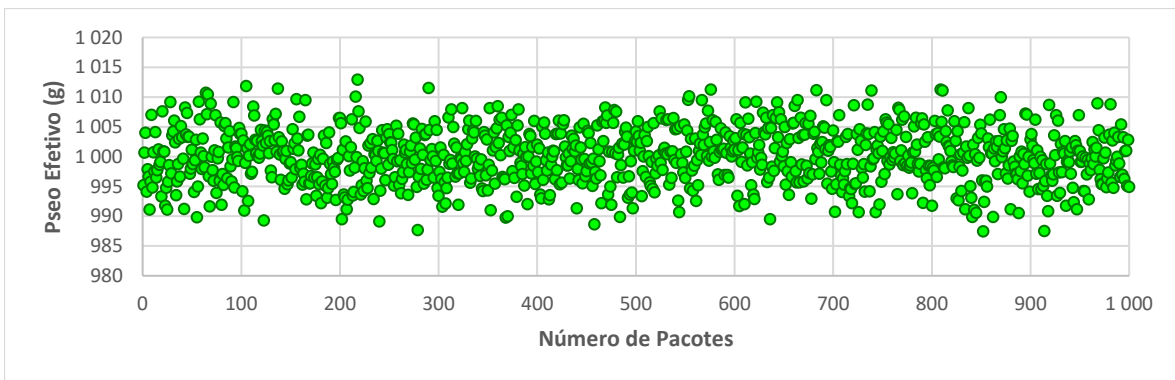


Figura 28 - Empacotamento regular, oscilando com amplitude maior

Os exemplos ilustrativos (com dados fictícios) apresentados adiante trazem situações muito problemáticas de controle metrológico. Na Figura 29 um caso de peso médio correto e equilibrado, porém com variabilidade muito grande, provocando alta frequência de ocorrências de pesos irregulares, dos dois lados da faixa de tolerância. A Figura 30 ilustra um caso muito estranho, de parâmetros estatísticos estáveis, com variabilidade excepcionalmente baixa, porém com média 990g, muito abaixo do valor nominal, implicando perdas positivas. A Figura 31 é um caso de caos total, com perda positiva acentuada, porém, em amostras pequenas poderá revelar perdas negativas acentuadas, nulas ou positivas acentuadas.

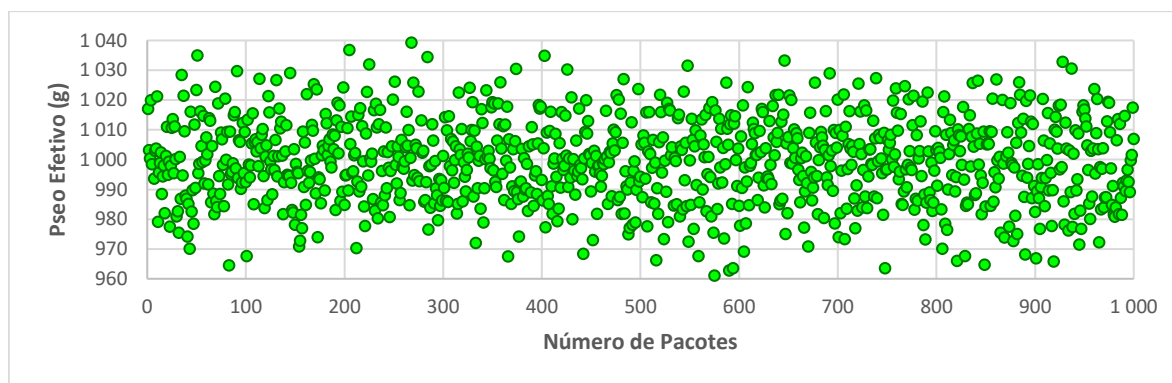


Figura 29 – Caso de peso médio correto e equilibrado, com variabilidade muito grande, provocando alta frequência de ocorrências de pesos irregulares

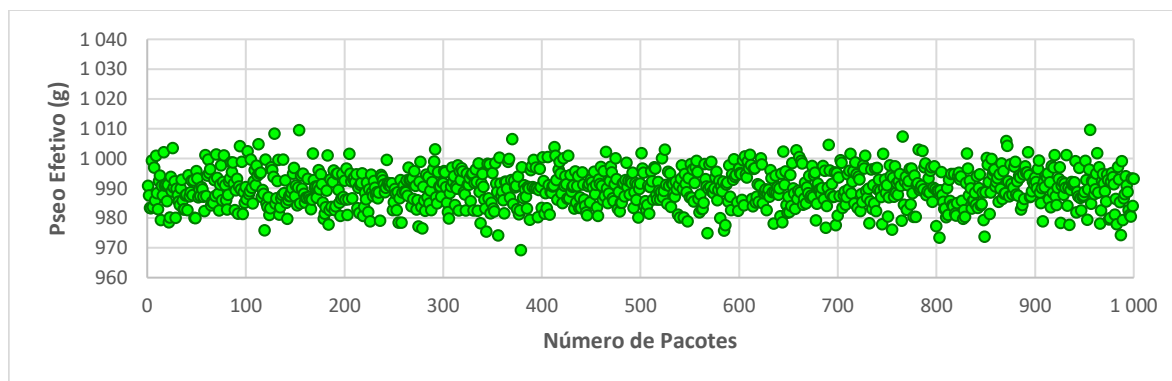


Figura 30 – Caso de parâmetros estatísticos estáveis, com variabilidade excepcionalmente baixa, porém com média 990g, muito abaixo do valor nominal, implicando perdas positivas

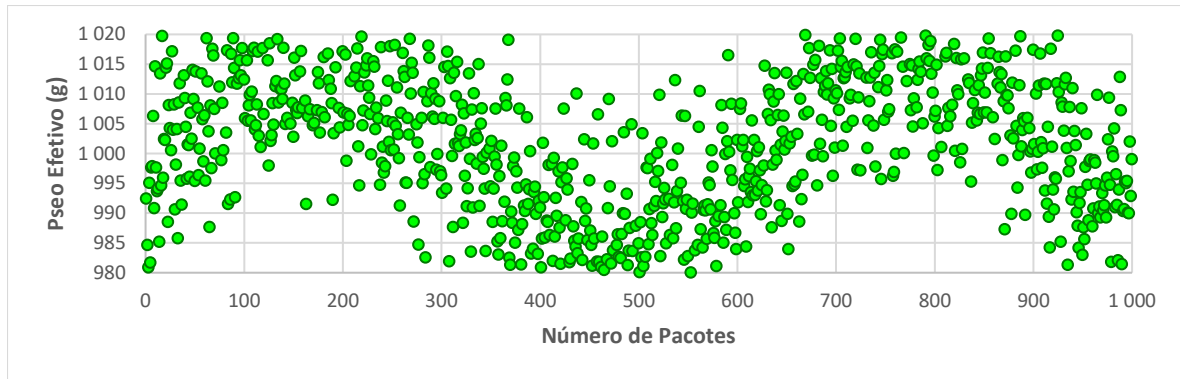


Figura 31 – Caso de caos total, com perda positiva acentuada, porém, em amostras pequenas poderá revelar perdas negativas acentuadas, nulas ou positivas acentuadas

O controle estatístico rigoroso dos planos amostrais empregados tem o poder de aperfeiçoar os processos operacionais, tornando-os ao mesmo tempo mais abrangentes em termos de cobertura territorial; mais precisos e com nível mais fino de resolução territorial; invulneráveis às frequentes distorções citadas no texto; e seguramente, sem impacto significativo nos custos totais associados.

Diversas melhorias podem ser introduzidas na combinação de coberturas amplas por inspeções sumárias, permitindo dividir o universo de pontos de venda em categorias de subconjuntos tranquilos, críticos e os de transição entre essas duas categorias extremas. Nos subconjuntos tranquilos a não reprovação seria automática, os críticos onde a reprovação também seria automática, e naqueles de transição, inspeções mais penetrantes seriam aplicadas.

A padronização em formato e conteúdo dos dados coletados também deve ser considerada. A lista de dados cujo registro aumentaria o conteúdo de informações relevantes nas bases inclui o preço dos pacotes coletados; os pesos dos pacotes amostrados em coberturas sumárias, entre tantos outros a serem catalogados no Relatório Final.

13 Referências Bibliográficas

Akerlof, George A. (1970). “The Market for “Lemons”: Quality Uncertainty and the Market Mechanism”. English. Em: *The Quarterly Journal of Economics* 84.3, pp. 488–500. ISSN: 00335533. URL: <http://www.jstor.org/stable/1879431>.

Bekkouche, Yasmine e Jeangeorges Caroline (2015). Modelling the Economic Impact of Legal Metrology. Expert Report. OIML.

Birch, John (2003). “Benefit of legal metrology for the economy and society”. Em: CIML Report.

Brousseau, Eric (1994). “EDI and inter-firm relationships: toward a standardization of coordination processes?” Em: *Information Economics and Policy* 6.3. Special Issue on “The Economics of Standards”, pp. 319–347. ISSN: 0167-6245. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0167624594900078>.

Bureau International de Poids et Measures (2019). The International System of Units. 9a Edição.

Chirkov, A. P. (2020). “Assessment of the Impact of Metrology on the Economy: New Methodology”. Em: *Measurement Techniques* 63 (8). URL: <https://doi.org/10.1007/s11018-020-01836-7>.

David, Paul A. e W. Edward Steinmueller (1994). “Economics of compatibility standards and competition in telecommunication networks”. Em: *Information Economics and Policy* 6.3. Special Issue on “The Economics of Standards”, pp. 217–241. ISSN: 0167-6245. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0167624594900035>.

Dias, Rodnei Fagundes, Luís Alberto de Carvalho Caldas e Raimisson Rodrigues Ferreira Costa (2010). *Distorção econômica evitada pelas ações do INMETRO: o caso do Rio Grande do Sul*. url: <http://hdl.handle.net/123456789/1673>.

Duran, Alain (2004). The statistical principles of metrological surveillance of the net content of prepackages as laid down by the CEE 76/211 Directive. Expert Report. OIML.

Economic Benefits of standards: ISO Methodology 2.0 (2013). URL: http://www.iso.org/iso/ebs_case_studies_factsheets.pdf. *Evaluation of the Metrology Research Centre* (2021).

Finkelstein, Amy et al. (2015). *Moral Hazard in Health Insurance*. Columbia University Press. URL: <http://www.jstor.org/stable/10.7312/fink16380> (acesso em 21/06/2022).

Foray, Dominique (1994). “Users, standards and the economics of coalitions and committees”. Em: *Information Economics and Policy* 6.3. Special Issue on “The Economics of Standards”, pp. 269–293. ISSN: 0167-6245. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0167624594900051>.

Gerundino, Daniele e Michael Hilb (jun. de 2010). “The ISO Methodology: Assessing the economic benefits of standards”. Em: *ISO Focus+*.

Haimowitz, Joseph e Joanne Warren (2007). “Economic value of standardization”. Em: Conference Board of Canada.

Hogan, Oliver, Colm Sheehy e Rajini Jayasuriya (2015). *The Economic Contribution of Standards to the UK Economy: 2015*. British Standards Institution. Institute for National Measurement Standards: Economic Impact (2001).

INMETRO. Informações diversas. URL: <https://www.gov.br/inmetro/pt-br>

INMETRO. Listagem de Instaladores Registrados – GNV. URL: <http://www.inmetro.gov.br/inovacao/oficinas/index.asp>

INMETRO. Regimento Interno. URL: <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/acesso-a-informacao/institucional/regimento-interno.pdf>

Leontief, WASSILY (1975). “Structure of the world economy - Outline of a simple input - output formulation”. Em: *Proceedings of the IEEE* 63.3, pp. 345 - 351.

Metcalf, J.S. e Ian Miles (1994). “Standards, selection and variety: an evolutionary approach”. Em: *Information Economics and Policy* 6.3. Special Issue on “The Economics of Standards”, pp. 243–268. ISSN: 0167-6245. DOI: [https://doi.org/10.1016/0167-6245\(94\)90004-3](https://doi.org/10.1016/0167-6245(94)90004-3). URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0167624594900043>.

Neyezhnikov, P. I. e A. V. Prokopov (jul. de 2014). “Evaluating the Economic Feasibility of Creating National Primary Standards”. Em: *Measurement Techniques* 57.4, pp. 373–377. ISSN: 1573-8906. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11018-0140463-7>. URL: <https://doi.org/10.1007/s11018-014-0463-7>.

Poulson, Barry W (1977). “Economic analysis of the national measurement system”. Em: *NASA STI/Recon Technical Report N 78*, p. 17241.

Robertson, Kristel e Jan Swanepoel (out. de 2015). *The economics of metrology*.

Rodrigues Filho, Bruno A. e Rodrigo F. Gonçalves (2015). “Legal metrology, the economy and society: A systematic literature review”. Em: *Measurement* 69, pp. 155–163. issn: 0263-2241. url: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263224115001748>.

Rodrigues Filho, Bruno Amado, Alexandre Nixon Raulino Soratto et al. (2021). *Economic distortion as an indicator to measure the impact of legal metrology activities*. Congresso Brasileiro de Metrologia, 2021. URL: https://metrologia2021.org.br/wp-content/uploads/2021/12/CBM1909_205045.pdf.

Rodrigues Filho, Bruno Amado, ANR Soratto e Rodrigo Franco Gonçalves (2016). “Information systems as a tool to improve legal metrology activities”. Em: *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 733. 1. IOP Publishing, p. 012008.

Rodrigues Filho, Bruno, Marcos Vasconcellos e Rodrigo Gonçalves (abr. de 2020). “An Input-Output approach to evaluate economic distortion in trade metrology”. Em: Rodrigues Filho, Bruno A. e Rodrigo F. Gonçalves (2015). “Legal metrology, the economy and society: A systematic literature review”. Em: *Measurement* 69, pp. 155–163. ISSN: 0263-2241. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263224115001748>.

Savio, E. et al. (2016). “Economic benefits of metrology in manufacturing”. Em: *CIRP Annals* 65.1, pp. 495–498. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007850616300208>.

Schulz, Wilfried (2005). “Modernization of legal metrology in Germany”. Em: *Bulletin de l’Organisation internationale de métrologie légale* 4, pp. 19–23.

Smith, Adam (2005). *Wealth of nations*. University of Chicago Bookstore.

Spence, Michael (1973). “Job Market Signaling”. Em: *The Quarterly Journal of Economics* 87.3, pp. 355–374. ISSN: 00335533, 15314650. URL: <http://www.jstor.org/stable/1882010> (acesso em 10/05/2022).

Stiefel, SW (1973). “Management assistance for weights and measures progress, measuring inaccuracy’s economic distortion”. Em: *Report of the. National Conference on Weights and Measures. The Bureau*.

Stiglitz, Joseph E. e Andrew Weiss (1981). “Credit Rationing in Markets with Imperfect Information”. English. Em: *The American Economic Review* 71.3, pp. 393–410. ISSN: 00028282. URL: <http://www.jstor.org/stable/1802787>.

Stokes, Fiona et al. (2011). “The economic benefits of standards to New Zealand”. Em: BERL Economics Report to the Standards Council of New Zealand and the Building Research Association of New Zealand.

Swann, GM (s.d.). Peter (2009). “The Economics of Metrology and Measurement,” Report for National Measurement Office, Department for Business.

Swann, Peter e Mark Shurmer (1994). “The emergence of standards in PC software: who would benefit from institutional intervention?” Em: *Information Economics and Policy* 6.3. Special Issue on “The Economics of Standards”, pp. 295–318. ISSN: 0167-6245. DOI: [https://doi.org/10.1016/01676245\(94\)90006-X](https://doi.org/10.1016/01676245(94)90006-X). URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/016762459490006X>.



Tassey, Gregory (1982). “Infratechnologies and the Role of Government”. Em: *Technological Forecasting and Social Change* 21.2, pp. 163–180.

Tassey, Gregory (1995). Em: *Standards, Innovation, Competitiveness: The Politics and Economics of Standards in Natural and Technical Environments*. Ed. por R Hawkins, R Mansell e J Skea. Brookfield, VT: Edward Elgar.

Tassey, Gregory (jan. de 1996). “Infratechnologies and Economic Growth”. Em: *Technological Infrastructure Policy (TIP): An International Perspective*. Ed. por M Teubal. Vol. 7. Norwall, MA: Kluwer, pp. 59–86. ISBN: 978-90-481-4649-9.

Varian, Hall R. (1992). *Microeconomic analysis*. 3rd edition. W. W. Norton.

Varian, Hall R. (2012). *Microeconomia – princípios básicos*. Tradução da 8ª edição. Elsevier.

Zupko, Ronald Edward (1990). Em: *Memoirs of the American Philosophical Society*. Vol. 86: *Revolution in measurement: Western European weights and measures since the age of science*. American Philosophical Society.



Campinas, 14 de abril de 2023.

Sebastião de Amorim

Inês Carvalho de Azevedo

Roberto Guena de Oliveira

Daniel Ferreira Forjaz

Apêndice

Legislação Aplicável

1 Portaria nº 248 de 17 de julho de 2008

A portaria nº 248 de 17 de julho de 2008 do MDIC, e do INMETRO, aprova o Regulamento Técnico Metrológico que estabelece os critérios para verificação do conteúdo líquido de produtos pré-embalados com conteúdo nominal igual, comercializados nas grandezas de massa e volume (MDIC, INMETRO; 2008).

Os produtos objeto deste estudo que se enquadram na Portaria referente são: a carne bovina, carne de frango, carne suína, pescado, leite, leite em pó, feijão, arroz, batata, tomate, pão, café, banana, açúcar e óleo.

Para melhor compreensão da abrangência da Portaria estão citados a seguir os principais itens que se relacionam aos objetos do presente estudo.

Segundo a Portaria, o lote de produtos pré-embalados submetidos a verificação é aprovado quando as condições de critério para a média e critério individual são simultaneamente atendidas.

Em relação ao critério para aceitação da média, a variável calculada deve ser maior ou igual ao cálculo do conteúdo nominal do produto, menos a multiplicação do fator que depende do tamanho da amostra com o desvio padrão da amostra. O tamanho do lote, que pode variar de 9 a 10.000 unidades, determina faixas de tamanho da amostra, que podem variar entre 5, 13, 20, 32 ou 80 unidades, sendo que o fator que depende do tamanho da amostra varia na mesma faixa de quantidades.

Para o critério individual é admitido um número máximo de unidades da amostra abaixo do resultado da diferença entre o conteúdo nominal e a tolerância.

Este critério considera as mesmas faixas do número de amostras para determinar o número máximo de unidades abaixo do critério de aceitação, sendo que este critério varia entre 0, 1, 2 ou 5 unidades defeituosas.

2 Portaria nº 328 de 29 de julho de 2021

A Portaria nº 328 de 29 de julho de 2021 do MDIC e do INMETRO aprova o Regulamento Técnico Metrológico consolidado sobre o controle metrológico de mercadorias pré-embaladas comercializadas em unidades de massa, de conteúdo nominal desigual (MDIC, INMETRO; 2021).

Os produtos objeto deste estudo que se enquadram na Portaria referente são: a carne bovina, carne de frango, carne suína, pescado, batata, tomate, pão e banana.

Destaca-se o Art. 2º da Portaria, define que a infringência a quaisquer dispositivos do regulamento sujeitará os infratores às penalidades previstas no art. 8º da Lei nº 9.933, de 20 de dezembro de 1999.

Para melhor compreensão da abrangência da Portaria estão citados a seguir seus principais itens que referenciam os objetos do presente estudo.

A portaria define que se o tamanho do lote for inferior a 9 unidades, fazem-se os ensaios com 100% do lote.

O critério de aprovação de lote de produtos pré-embalados considera que um lote de produtos é aprovado quando o critério para aceitação individual é atendido. Este critério indica o número máximo de unidades defeituosas para cada faixa de amostra, sendo que o número de defeituosos é calculado a partir da diferença entre o conteúdo nominal e a tolerância. O número máximo de unidades defeituosas aceitas varia na mesma faixa de amostras, sendo este entre 0, 1, 2 ou 5 unidades defeituosas.

A tolerância é definida em relação ao tamanho do conteúdo nominal, sendo ambos definidos em gramas (g). A tolerância varia de 5 g a 20 g.

3 Portaria nº 041 de 05 de fevereiro de 2003

A Portaria nº 041 de 5 de fevereiro de 2003 do MDIC e do INMETRO revoga a Portaria INMETRO nº 165, de 16 de julho de 1991, referente a metodologia de verificação quantitativa do produto farinha de trigo (MDIC, INMETRO; 2003).

4 Portaria nº 405 de 27 de setembro de 2021

A Portaria nº 405 de 27 de setembro de 2021 do Ministério da Economia (ME) e do INMETRO aprova o Regulamento Técnico Metrológico consolidado que estabelece critérios para exame de determinação quantitativa do conteúdo efetivo do produto gás liquefeito de petróleo (GLP) quando comercializado em recipientes transportáveis (ME, INMETRO; 2021a).

O produto objeto deste estudo que se enquadra na Portaria referente é o GLP.

Vale ressaltar que o Art. 2º da Portaria define que a infringência a quaisquer dispositivos do regulamento sujeitará os infratores às penalidades previstas no art. 8º da Lei nº 9.933, de 20 de dezembro de 1999.

Para melhor compreensão da abrangência da Portaria referida estão citados a seguir os principais itens que se relacionam ao objeto do presente estudo.

Em relação às tolerâncias individuais admissíveis, a portaria prevê a tolerância por faixa de conteúdo nominal do produto, sendo estas faixas de menor ou igual a 2 quilogramas (Kg), até maior que 30 Kg, sendo que a tolerância varia nestas faixas entre 100 g e 1.000 g.

Em relação aos critérios de aprovação do lote, este é aprovado quando as condições do critério de média e do critério individual são simultaneamente atendidas.

Em relação ao critério para aceitação da média, a variável calculada deve ser maior ou igual ao cálculo do conteúdo nominal do produto, menos a multiplicação do fator que depende do tamanho da amostra com o desvio padrão da amostra.

No caso de o desvio padrão da amostra for inferior ou igual a 0,5% do conteúdo nominal, a variável calculada deve ser maior ou igual ao cálculo do conteúdo nominal do produto, menos a multiplicação do fator que depende do tamanho da amostra com o desvio padrão da amostra, multiplicado por dois.

O tamanho do lote, que pode variar de 9 a 10.000 unidades, determina faixas de tamanho da amostra, que podem variar entre 5, 13, 20, 32 ou 80 unidades, sendo que o fator que depende do tamanho da amostra varia na mesma faixa de quantidades.

Para o critério individual é admitido um número máximo de unidades da amostra abaixo do resultado da diferença entre o conteúdo nominal e a tolerância.

Este critério considera as mesmas faixas do número de amostras para determinar o número máximo de unidades abaixo do critério de aceitação, sendo que este varia entre 0, 1, 2 ou 5 unidades defeituosas.

5 Portaria nº 236 de 22 de dezembro de 1994

A Portaria nº 236 de 22 de dezembro de 1994 do Ministério da Indústria e do Comércio (MIC) e do INMETRO aprova o Regulamento Técnico Metrológico, que estabelece as condições técnicas e metrológicas, bem como o controle metrológico, que deverão ser observados na fabricação, instalação e utilização de instrumentos de pesagem não automáticos (MIC, INMETRO; 1994).

Esta Portaria foi aprovada considerando a necessidade de atualizar a legislação relativa aos instrumentos de pesagem, para proteção do consumidor, para facilidade de uso e exatidão das medições de massa, para prevenção contra a fraude e influências a que esses instrumentos estão sujeitos, e considera também a Recomendação Internacional R 76-1 (92) da Organização Internacional de Metrologia Legal da qual o Brasil é País-Membro. O objeto desta Portaria que se enquadra no presente estudo são as balanças medidoras, incluindo as utilizadas em supermercados, padarias e açougues.

Para melhor compreensão da abrangência da Portaria referida estão dispostos a seguir os itens do RTM e dos anexos que se relacionam com o presente estudo.

A Portaria referida definiu que as unidades de medida de massa autorizadas nos instrumentos são o Kg, o micrograma (μg), o miligrama (mg), o g e a tonelada (t).

Neste item do regulamento da Portaria são apresentados os princípios de classificação, que contemplam as classes de exatidão e o valor de divisão de verificação estipulado para os diferentes tipos de instrumento.

Em seguida, é apresentada a classificação dos instrumentos, que está relacionada ao valor de divisão de verificação, podendo este ser classificado como classe especial (I), fina (II), média (III) ou ordinária (IIII), que corresponde a um valor de divisão de verificação específico.

A Portaria define os valores máximos permitidos na verificação inicial para cada classe, e que os erros máximos permitidos em serviço são iguais ao dobro dos erros máximos permitidos na verificação inicial.

Sendo assim, os erros máximos permitidos na verificação inicial variam de -0,5 vezes o valor de divisão de verificação específico, até 1,5 vezes o valor de divisão de verificação específico. Os erros máximos permitidos variam de acordo com a classe do instrumento.

Erros Máximos permitidos em verificação Inicial	Para as cargas m, expressas em valores de divisão de verificação (e)			
	Classe I	Classe II	Classe III	Classe III
$\pm 0,5 e$	$0 \leq m \leq 50\ 000$	$0 \leq m \leq 5\ 000$	$0 \leq m \leq 500$	$0 \leq m \leq 50$
$\pm 1,0 e$	$50\ 000 < m \leq 200\ 000$	$5\ 000 < m \leq 20\ 000$	$500 < m \leq 2\ 000$	$50 < m \leq 200$
$\pm 1,5 e$	$200\ 000 < m$	$20\ 000 < m \leq 100\ 000$	$2\ 000 < m \leq 10\ 000$	$200 < m \leq 1\ 000$

A Portaria ainda define que a validade da verificação é limitada em um ano, com exceção de casos especiais que podem ser definidos pelo INMETRO.

6 Portaria nº 559 de 15 de dezembro de 2016

A portaria nº 559 de 15 de dezembro de 2016 do MDIC e do INMETRO aprova o Regulamento Técnico Metrológico que estabelece os requisitos técnicos, metrológicos e de segurança de software e hardware aplicáveis às bombas medidoras de combustíveis líquidos utilizadas nas medições de volume (MDIC, INMETRO; 2016).

O Regulamento Técnico Metrológico estabelecerá as condições mínimas a serem observadas no controle metrológico legal das bombas medidoras de combustíveis líquidos, que estão relacionados com os produtos gasolina, etanol e diesel, contemplados neste estudo.

Para melhor compreensão da abrangência da Portaria estão citados a seguir os principais itens que se relacionam aos objetos alvo deste estudo.

A Portaria define que o volume deve ser indicado em litros (ℓ ou L) e em seus submúltiplos.

Em relação aos erros máximos admissíveis das bombas medidoras, foi definido que na verificação inicial este é de $\pm 0,3\%$, e que devem ser aplicados na aprovação de modelo antes do ensaio para todos os tipos de combustíveis, e para todas as vazões para as quais a bomba medidora foi projetada ou aprovada.

Em relação às verificações subsequentes, inspeção e após ensaio de durabilidade na aprovação de modelo, devem ter os erros máximos admissíveis desde - 0,5% a 0,3%.

Definiu-se que a soma dos valores absolutos de dois erros de sinais contrários não deve ultrapassar 0,3% na aprovação de modelo antes do ensaio de durabilidade e na verificação inicial, e não deve ultrapassar 0,5% nos ensaios de aprovação de modelo após o ensaio de durabilidade e nos ensaios de inspeções.

Definiu-se também que o erro máximo admissível para volumes entregues menores ou iguais à quantidade mínima mensurável é de 2%.

Já para qualquer quantidade igual ou superior a cinco vezes a quantidade mínima mensurável, o erro de repetitividade do medidor, na aprovação de modelo, em cada vazão de ensaio, não deve ser superior a 40% do valor absoluto do erro máximo admissível de 0,5%.

7 Portaria nº 498 de 16 de dezembro de 2021

A portaria nº 498 de 16 de dezembro de 2021 do ME e do INMETRO aprova o RTM consolidado para medidores de gás automotivo. Esta Portaria substituiu a Portaria nº 32 de 24 de março de 1997, e entrou em vigor a partir do dia 2 de janeiro de 2022 (ME, INMETRO; 2021b).

O objeto da referida Portaria que se enquadra no presente estudo é o dispenser de abastecimento de Gás Natural Veicular (GNV), que aborda o produto GNV.

Para melhor compreensão da abrangência da Portaria estão citados a seguir os itens que se relacionam com o produto objeto deste estudo.

Foi definido na Portaria que as unidades de medidas permitidas para comercialização de gás natural nos postos de serviço devem ser em Kg quando referentes a massa, e em metros cúbicos (m³), quando referentes a volume.

Para execução do controle metrológico a distribuidora deve colocar à disposição do órgão metrológico uma balança de carga máxima igual ou superior a 50 kg, com valor de menor divisão igual ou menor a 5 g e conjunto de cilindros devidamente adaptados à finalidade. Os instrumentos de medição utilizados nas operações de controle metrológico legal devem ser calibrados de acordo com a política de rastreabilidade estabelecida pelo INMETRO.

A Portaria define que os erros máximos admissíveis para as quantidades efetivamente entregues, nas condições normais de uso e limites de medição é de 2%, para mais ou para menos.

Em relação ao controle metrológico legal inicial, tanto a medição totalizada de 18 Kg de gás, quanto na medição de 5 Kg, devem atender o erro máximo admissível anteriormente mencionado.

Já em relação às verificações subsequentes, a determinação do erro deve ser realizada com no mínimo 50% da vazão máxima admissível, na medição totalizada de 18 Kg de gás, atendendo o erro máximo admissível estabelecido anteriormente.

8 Referências – Legislação Aplicável

MDIC, INMETRO; 2003. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Portaria nº 041 de 5 de fevereiro de 2003. Disponível em: < <http://sistema-sil.inmetro.gov.br/rtac/RTAC000820.pdf> >; Acesso em 8 de junho de 2022.

MDIC, INMETRO; 2008. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Portaria nº 248 de 17 de julho de 2008. Disponível em: < <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/rtac001339.pdf> >; Acesso em 10 de junho de 2022.

MDIC, INMETRO; 2016. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Portaria nº 559 de 15 de dezembro de 2016. Disponível em: < <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002448.pdf> >; Acesso em 11 de junho de 2022.

MDIC, INMETRO; 2021. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Portaria nº 328 de 29 de julho de 2021. Disponível em: < <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002819.pdf> >; Acesso em 9 de junho de 2022.

ME, INMETRO; 2021a. Ministério da Economia (ME), Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Portaria nº 405 de 27 de setembro de 2021. Disponível em: < <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002845.pdf> >; Acesso em 10 de junho de 2022.

ME, INMETRO; 2021b. Ministério da Economia (ME), Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Portaria nº 498 de 16 de dezembro de 2021. Disponível em: < <https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-n-498-de-16-de-dezembro-de-2021-368993734-wrapper> >; Acesso em 10 de junho de 2022.

MIC, INMETRO; 1994. Ministério da Indústria e do Comércio (MIC), Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Portaria nº 236 de 22 de dezembro de 1994. Disponível em: < <http://www.inmetro.gov.br/rtac/pdf/rtac000180.pdf> >; Acesso em 9 de junho de 2022.