



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

Sumário Executivo

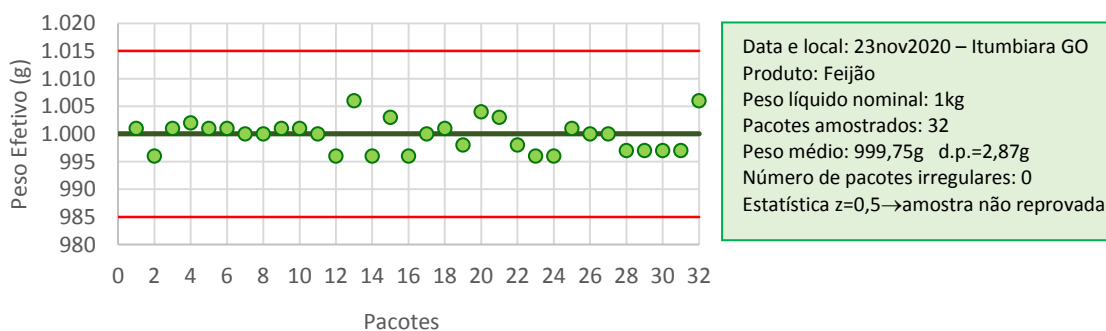
Campinas, abril/23

1. As dimensões do desafio

Com 8,5 milhões de km² de extensão territorial e 215 milhões de habitantes, o Brasil é um país gigantesco. A logística para o abastecimento regular desta população, espalhada sobre toda esta extensão territorial, com suprimento de alimentos e combustíveis em quantidade e qualidade, é naturalmente uma tarefa desafiadora em diversas frentes. Entre as suas diversas responsabilidades, ao Inmetro compete, através de intensa e abrangente rotina de inspeção amostral, assegurar que esses produtos sejam disponibilizados à população, nas centenas de milhares de pontos de distribuição, em fluxo regular e com o rigor e a precisão metrológicos estabelecidos em convenção internacional.

Neste Projeto, a frente analisada foi a da monitoração da qualidade e rigor metrológico inúmeros dos processos de empacotamento e distribuição dos produtos, com a missão de garantir o cumprimento rigoroso das exigências implícitas nas convenções. O Projeto focou em uma cesta básica incluindo 15 produtos alimentícios, mais o GLP em botijões de 13kg, e quatro combustíveis veiculares. No conjunto, o consumo total desses 20 produtos no ano de 2019, em quantidade e preço, totalizou 495 Gkg (Giga kg) e R\$ 1,4 trilhão.

A figura abaixo ilustra a natureza dos dados coletados no dia 23nov2020, no município de Itumbiara, do Estado de Goiás, nas inspeções rigorosas conduzidas pelo Inmetro. Ela expõe os resultados medidos em uma amostra de 32 pacotes de feijão de 1,0kg de peso nominal.



Os produtos na cesta básica

Os 20 produtos analisados neste Projeto são listados a seguir, separados em três grupos:

1. Alimentos (15):

Carne bovina	Carne de frango	Carne suína	Pescado
Leite	Feijão	Arroz	Farinha de trigo
Pão	Café	Açúcar	Óleo de soja
Macarrão	Biscoito	Queijo	

2. GLP (gás liquefeito de petróleo) em botijões de 13kg (1)

3. Combustíveis veiculares (4):

Diesel	Etanol	Gasolina	GNV (Gás natural veicular)
--------	--------	----------	----------------------------

O início dos trabalhos neste Projeto se deu em três frentes:

1. Localização e exploração das fontes oficiais confiáveis de dados quantitativos de consumo e de preço (IBGE/POF, ANP, CONAB, EMBRAPA e Ministério da Saúde), para a determinação precisa do consumo anual (para os anos de 2019 a 2021), bem como do preço médio praticado, sobre todo no mercado nacional, tanto em termos globais como por Unidade da Federação.
2. Exploração minuciosa da literatura técnica a respeito das questões metrológicas envolvidas.
3. Análise estatística detalhada das abundantes bases de dados de campo relacionados aos 20 produtos da “cesta básica”, produzidos pelas atividades regulares do Inmetro na rotina de inspeção rigorosa da qualidade metrológica, ao longo dos três anos, apontando eventuais pontos onde melhorias significativas possam ser introduzidas.

Nas suas tarefas de inspeção da enorme massa de produtos postos no mercado em fluxo contínuo, o Inmetro tem que empregar amplo arsenal de ferramental estatístico – mais particularmente na sub área de Teoria da Amostragem – que lhe garanta precisão e eficiência na avaliação correta da qualidade metrológica posta em prática pelas empresas distribuidoras dos produtos. Na Frente 3, especial atenção foi dedicada aos aspectos envolvidos da Teoria Estatística, especialmente nas questões relacionadas à Teoria da Amostragem.

Consumo Total e Preços Médios

Os dados totais de Consumo e Preço para os produtos da cesta básica foram pesquisados e

Consumo, preço médio e custo total, entre 2019 e 2021, dos produtos da cesta básica considerada.

Produto	Consumo			Unidade	Preço Médio**			Unidade	Custo Total (G R\$)		
	2019	2020	2021		2019	2020	2021		2019	2020	2021
Carne bovina	6,4	5,9	5,9	Gkg	28,4	33,9	41,6	R\$/kg	182,6	198,4	246,4
Carne de frango	9,8	10,6	10,8	Gkg	11,3	12,1	14,1	R\$/kg	110,5	127,2	152,1
Carne suína	3,3	3,6	3,6	Gkg	25,2	26,8	29,8	R\$/kg	83,7	96,1	107,4
Pescado	1,2	1,2	1,2	Gkg	27,7	27,8	27,8	R\$/kg	32,6	33,1	33,3
Leite	35,0	35,2	35,5	GLt	4,5	4,9	5,2	R\$/Lt	156,3	173,7	184,6
Feijão	3,1	3,0	2,9	Gkg	7,4	8,4	9,2	R\$/kg	23,0	25,1	26,2
Arroz	10,6	10,9	11,0	Gkg	3,9	4,9	5,8	R\$/kg	41,6	53,5	64,1
Farinha de trigo	0,6	0,6	0,6	Gkg	4,3	4,5	5,0	R\$/kg	2,6	2,8	3,1
***Batata	1,3	1,3	1,4	Gkg	5,8	5,5	5,2	R\$/kg	7,7	7,3	7,0
***Tomate	0,3	0,3	0,3	Gkg	6,2	6,0	6,6	R\$/kg	2,0	1,9	2,2
Pão	3,8	3,8	3,9	Gkg	13,9	13,9	14,1	R\$/kg	52,7	52,9	54,2
Café	1,0	1,0	1,0	Gkg	24,7	23,5	27,1	R\$/kg	24,9	23,9	27,9
***Banana	1,3	1,3	1,3	Gkg	4,9	5,3	5,7	R\$/kg	6,1	6,6	7,3
Açúcar	3,9	4,0	4,0	Gkg	3,7	3,9	4,7	R\$/kg	14,5	15,4	18,7
Óleo de soja	0,9	0,9	0,9	Gkg	5,9	8,3	11,8	R\$/Kg	5,0	7,1	10,2
Macarrão	2,8	2,8	2,9	Gkg	8,4	7,7	8,2	R\$/kg	23,7	22,0	23,6
Biscoito	1,1	1,1	1,1	Gkg	25,3	25,0	25,8	R\$/kg	28,3	28,3	29,5
Queijo	0,4	0,5	0,5	Gkg	25,2	25,2	27,3	R\$/kg	11,1	11,3	12,3
Total (alimentos)	86,8	87,9	88,6	Gkg					809,1	886,7	1.010,0
GLP	13,2	13,6	13,5	Mm ³	13,4	13,6	18,2	R\$/m ³	0,18	0,19	0,24
	33,0	34,0	33,7	Gkg	5,4	5,5	7,3	R\$/kg			
Gasolina	38,2	35,8	39,3	Mm³	5,7	5,3	7,1	R\$/Lt	218,3	190,2	277,6
Etanol	22,5	19,3	16,8	Mm³	4,2	4,1	5,8	R\$/Lt	95,6	78,0	96,7
Diesel	57,3	57,5	62,1	Mm³	4,7	4,3	5,6	R\$/Lt	269,9	246,5	350,3
GNV	362,9	250,3	255,0	Mm³	4,3	4,1	4,7	R\$/m³	1,6	1,0	1,2
Total (combustíveis)	480,9	362,8	373,2	Mm³					585,4	515,8	725,8
	375,0	284,0	292,2	Gkg							
Total *	494,9	405,9	414,5	Gkg					1.394,6	1.402,7	1.736,0

* Total calculado utilizando a conversão dos líquidos para suas massas correspondentes.

**Os valores em Reais foram corrigidos para jan/2023.

*** Produtos retirados da cesta básica considerada, durante o processo, por não serem pré-embalados.

compilados através de uma exploração minuciosa das fontes oficiais.

Como se pode ver, as dimensões envolvidas são consideráveis. Para os 15 produtos alimentícios, o consumo anual total beirou a marca de 90 Gkg (ou Mton) por ano, ao custo total que, em 2021, superou o total de R\$ 1 Trilhão, em valores monetários de março de 2023.

No caso particular do arroz, o mais prosaico cereal consumido no Brasil, a missão posta sob a responsabilidade do Inmetro foi o de garantir — entre outras coisas — que aqueles bilhões de pacotes de 1kg de peso líquido nominal atendiam rigorosamente às exigências metrológicas estabelecidas em convenção internacional. E tendo que exercitar esse rigor com base em amostras estatísticas baseadas em planos amostrais que de menos que um pacote por bilhão.

A Teoria Estatística, a Teoria e Tecnologia da Amostragem naturalmente oferecem ferramental poderoso que garantem essa possibilidade, mas devem ser aplicados com rigor metodológico elevado. O Projeto buscou avaliar essa questão com a atenção necessária.

Os dados históricos, por U.F.

O consumo dos produtos não se dá uniformemente entre as diferentes unidades da federação (26 estados e o Distrito Federal), primeiro porque as UF's têm populações muito diferentes, indo dos 46 milhões de habitantes de SP, aos 652 mil de RR; em segundo lugar, porque em virtude de diferenças regionais de hábitos e preferências alimentares, bem como de níveis de renda, o consumo médio per capita pode diferenciar significativamente entre eles. Na tabela

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

UF	Consumo (M kg)				Preço Médio (R\$/kg) **			
	2019	2020	2021	Variação % 2019→21	2019	2020	2021	Variação % 2019→21
Minas Gerais	1.068	1.091	1.104	3,41	4,08	5,15	6,37	56,1
Rio Grande do Sul	574	585	591	3,03	3,83	4,91	5,95	55,4
Acre	44	46	47	5,12	3,75	4,73	5,81	54,9
Santa Catarina	361	372	378	4,71	3,93	5,47	6,07	54,5
Ceará	461	471	477	3,45	3,82	4,75	5,86	53,4
Espírito Santo	203	208	212	4,52	3,84	4,91	5,89	53,4
Alagoas	168	172	174	3,09	3,82	5,28	5,78	51,3
Rio de Janeiro	871	890	901	3,41	4,10	5,14	6,18	50,7
São Paulo	2.316	2.372	2.406	3,86	4,11	5,22	6,19	50,6
Tocantins	79	81	83	4,47	3,88	4,94	5,81	49,7
Rio Grande do Norte	177	181	184	3,81	3,76	4,67	5,63	49,7
Amazonas	209	216	220	5,32	3,85	4,86	5,76	49,6
Paraná	577	590	598	3,69	4,03	4,98	6,00	48,9
Rondônia	90	92	94	4,42	3,83	4,77	5,69	48,6
Amapá	43	44	45	6,09	3,85	5,03	5,70	48,1
Sergipe	116	119	121	4	3,89	4,75	5,74	47,6
Paraíba	203	207	209	3,29	3,83	4,61	5,65	47,5
Goiás	354	364	372	4,97	3,94	4,97	5,81	47,5
Pará	434	445	453	4,3	3,97	4,93	5,84	47,1
Bahia	750	765	773	3	3,71	4,60	5,43	46,4
Piauí	165	168	170	2,73	3,78	4,62	5,50	45,5
Roraima	31	32	34	10,16	3,84	4,73	5,57	45,1
Mato Grosso do Sul	140	144	146	4,45	4,27	5,28	6,15	44,0
Mato Grosso	176	181	184	4,66	4,11	5,08	5,86	42,6
Distrito Federal	152	157	160	4,91	4,31	5,27	6,13	42,2
Pernambuco	482	493	499	3,49	3,99	4,91	5,67	42,1
Maranhão	357	365	369	3,36	3,74	4,48	5,23	39,8
Brasil	10.600	10.850	11.000	3,77	3,92	4,93	5,83	48,7

abaixo, a título de ilustração, os valores de consumo e preço médio são mostrados para o Arroz.

2. Inspeções

As inspeções de campo efetuadas pelo Inmetro para controle metrológico são geralmente conduzidas em dois estágios. No primeiro, faz-se uma inspeção sumária, focando cada vez em um produto, em uma amostra ampla de pontos de venda. Os pontos de venda onde a inspeção sumária aponta possíveis imperfeições ou irregularidades são então revisitados para uma inspeção rigorosa, sobre uma amostra de número variável de unidade que, no caso de alimentos, oscilou de 6 a 80 unidades. Nesses casos, cada unidade amostrada é submetida a medições com equipamentos de precisão que garantem erros inferiores a 0,1g, e em correto estado de calibração.

Para fins ilustrativos, a figura abaixo mostra um caso fictício desta sequência de Inspeção Sumária–Inspeção Rigorosa. Nela, uma amostra de 200 pontos de venda foi submetida a inspeção sumária, focada em arroz embalados em pacotes de 1kg. Nesses 200 pontos de venda, o peso médio amostral foi de 999,74g, portanto apresentando perda média de 0,26g. Desses 200 pontos de venda submetidos a inspeção sumária, 140 com peso médio 1000,22g não apresentaram nenhuma irregularidade significativa que recomendasse submissão a inspeção rigorosa. Os restantes 60, com peso médio igual a 998,62g, apresentaram irregularidades e foram por isso submetidos à inspeção rigorosa. Esta etapa resultou na reprovação de 16 deles. A tabela abaixo sumariza esses resultados.

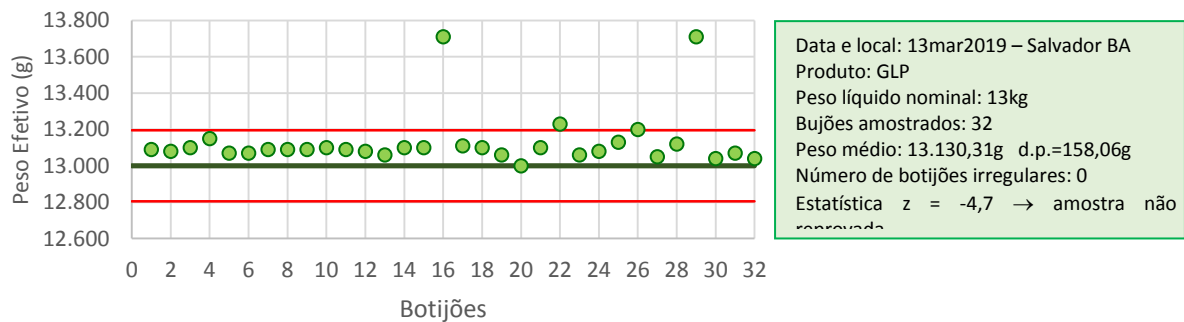
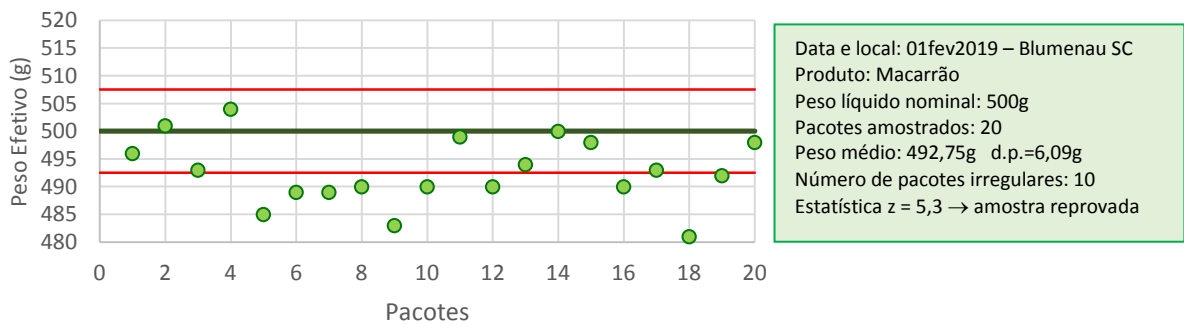
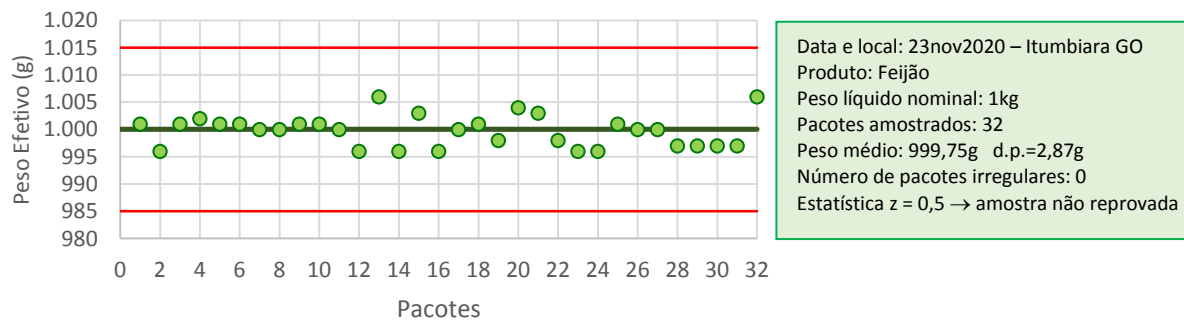
Resultado de uma amostra aleatória criteriosa de 200 pontos de venda do produto Arroz.

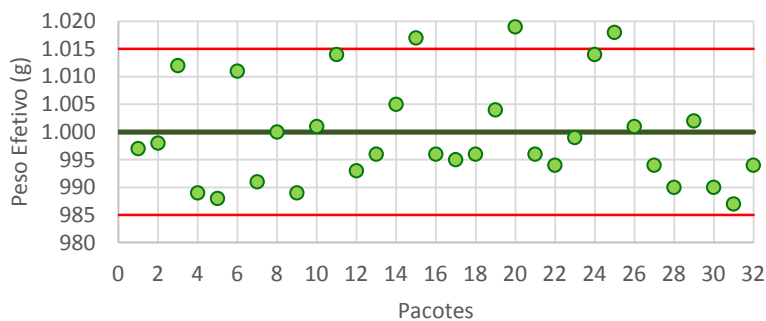
		Perda media (g/kg)	
		Inspeção sumária	Inspeção rigorosa
→Inspeção sumária	200	0,26	
→ Dispensados da inspeção rigorosa	140	-0,22	
→ Inspeção rigorosa	60	1,38	1,38
→ Não reprovados	44	1,13	1,08
→ Reprovados	16	2,06	2,25

Os gráficos a seguir ilustram casos reais registrados de amostras submetidas a inspeção

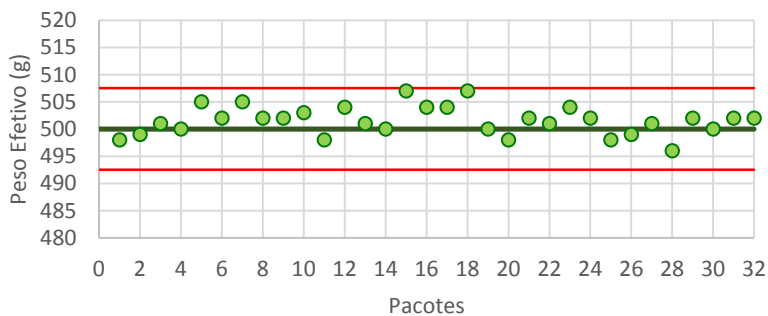
rigorosa, com conclusões diversas. Essas figuras ilustram tipos comuns de perfis metrológicos revelados pelas inspeções rigorosas realizadas pelo Inmetro ao longo do período coberto pelo Projeto para produtos alimentícios incluídos na cesta básica. É interessante notar a presença relativamente frequente de amostras com perda negativa estatisticamente significativa, i.e. com estatística z negativa e peso médio acima do valor nominal.

As figuras a seguir são exemplos reais e ilustrativos de tipos frequentes. As linhas vermelhas demarcam os limites de tolerância convencionados; a linha verde o valor nominal oficial.

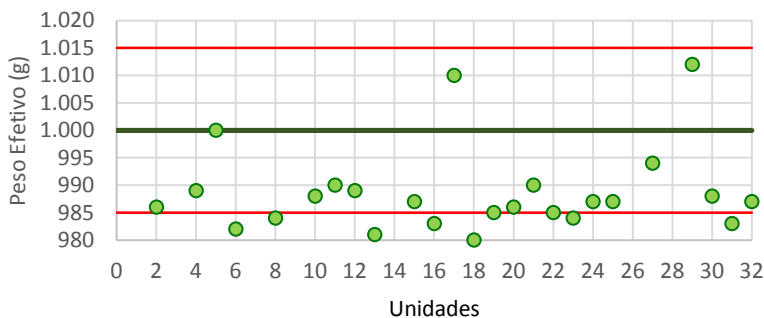




Data e local: 17nov2020 – Imperatriz MA
 Produto: Açúcar
 Peso líquido nominal: 1.000g
 Pacotes amostrados: 32
 Peso médio: 999,69g d.p.=9,45g
 Número de pacotes irregulares: 0
 Estatística $z = 0,2 \rightarrow$ amostra não reprovada



Data e local: 01mar2019 – Contagem MG
 Produto: Café
 Peso líquido nominal: 500g
 Pacotes amostrados: 32
 Peso médio: 501,53g d.p.=2,64g
 Número de pacotes irregulares: 0
 Estatística $z = -3,3 \rightarrow$ amostra não reprovada



Data e local: 02mar2021 – Vitória ES
 Produto: Leite
 Peso líquido nominal: 1.000ml
 Pacotes amostrados: 32
 Volume médio: 984,25ml d.p.=11,44ml
 Número de unidades irregulares: 16
 Estatística $z = 7,8 \rightarrow$ amostra reprovada

Os exemplos reais mostrados acima ilustram a diversidade de padrões metroológicos que foram observados. A grande importância do papel do Inmetro na contenção desta realidade



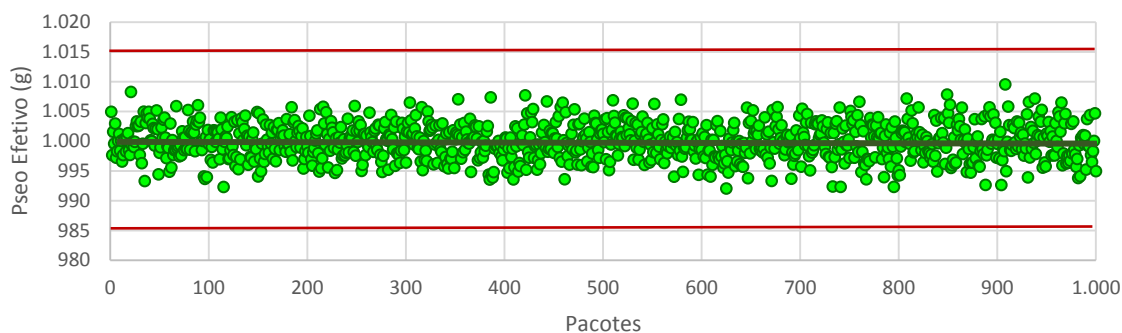
dentro de padrões internacionais de rigor metrológico é clara. Um eventual relaxamento deste controle poderá ter efeito dramático de deterioração nos padrões metrológicos vigentes.

Os objetivos da inspeção

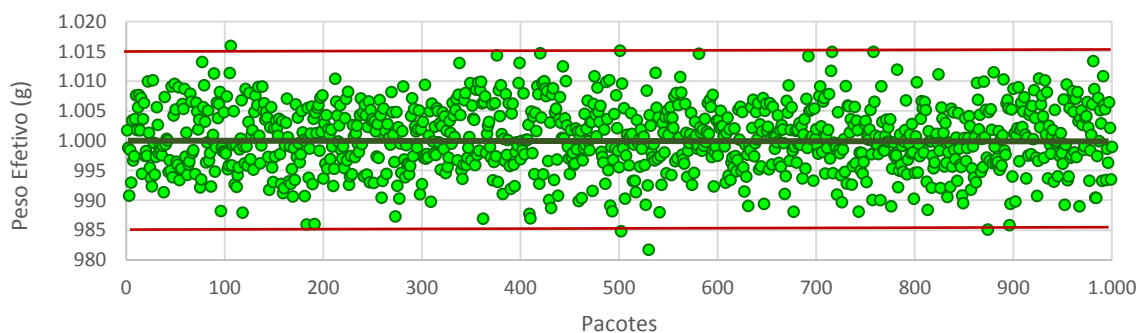
O INMETRO executa tarefas de inspeção cobrindo todos os pontos de venda em cada Unidade da Federação, através da aplicação de ferramental sofisticado da Teoria da Amostragem, com ênfase na subárea da Teoria da Amostragem. Mas a missão não é apenas produzir uma estimativa global de peso médio por ano e para todo o País, mesmo porque uma estimativa que aponte um peso médio muito próximo do valor nominal pode estar camuflando significativas variações intersetoriais, como amplamente observado no Projeto que revelou, por exemplo, diferenças significativas de perfil metrológico entre diferentes unidades da federação.

Um outro ponto que é importante de ser considerado está ilustrado a seguir com exemplos que, embora baseados em dados fictícios, são representativos de situações reais em linhas de empacotamento de unidades de 1kg.

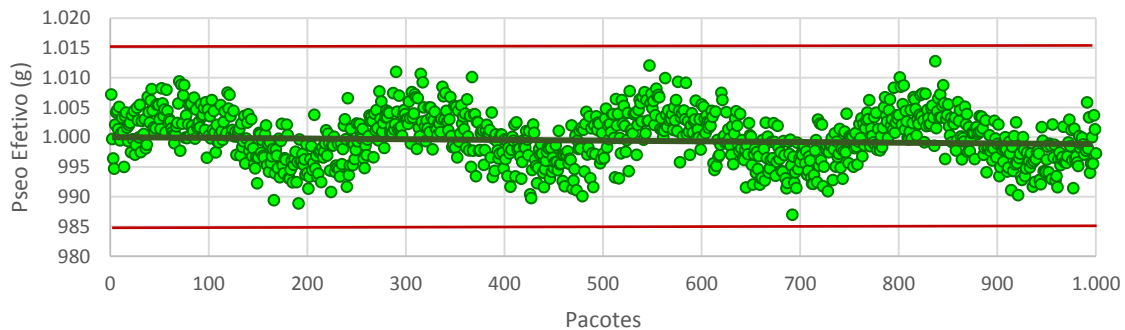
Padrão de comportamento metrológico muito próximo do ideal estatístico, e relativamente frequentes. Dados fictícios.



Padrão de comportamento bem calibrado, mas variância muito elevada, produzindo casos de pacotes irregulares. Também não raros.

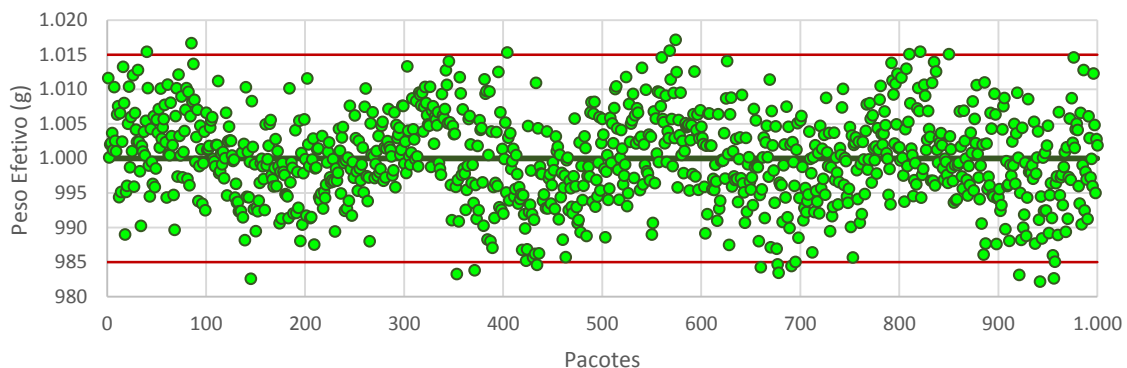


Um tipo comum com ruído branco natural bem contido, mas contaminado por flutuação cíclica. Casos como esses acarretam flutuações enormes da estatística z , provocando erros frequentes de avaliação metrológica, portanto exigindo demandando tratamento estatístico criterioso.



O exemplo acima ilustra um caso interessante que é revelado quando se passa a sequência de dados por uma janela móvel de largura igual ao tamanho amostral – por exemplo, 32 – para a estimação da estatística z . A sequência produzida revela o grave problema inerente ao contexto, com z variando de valores positivos extremamente elevados a valores negativos extremamente elevados. O caso ilustrado abaixo é análogo ao anterior, porém com a variância do ruído branco bem maior.

Situação semelhante à anterior, porém com nível elevado de ruído branco natural.



Todas estas situações são relativamente comuns, e demandam tratamento estatístico rigoroso.

Metas metrológicas convencionadas

A metrologia aplicada lida com a aplicação dos resultados da metrologia científica no 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 monitoração precisa de diversas variáveis como peso e volume.

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 os casos de medidas superiores a uma margem considerada tolerável.

É importante enfatizar que a metrologia legal é responsável por:

- 1) Definir as unidades de medidas oficiais e, na maioria dos países, adotar o uso obrigatório de tais unidades;
- 2) 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, 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:

- 1) Apontar conceitualmente os principais benefícios, assim como potenciais custos,



decorrentes da adoção de padrões de pesos e medidas e de sua imposição legal;

- 2) Estimar o impacto da metrologia sobre o produto nacional ou sobre o crescimento desse produto;
- 3) Avaliar, na forma de estudos de caso, benefícios setoriais de adoção de padrões relacionados a pesos e medidas.

3. Dados históricos da inspeção rigorosa

Ao longo do período coberto por este projeto, as atividades de inspeção rigorosa desenvolvidas pelo Inmetro em relação aos 20 produtos da cesta básica considerada foram executadas através da inspeção de mais de um milhão de amostras e mais de dois milhões de itens (pacotes, latas, garrafas, litros, metros cúbicos, etc., correspondentes ao produto considerado). A tabela abaixo sumariza os resultados globais, separando alimentos e GLP e um grupo e os combustíveis, em outro (os dados correspondentes ao período extra, de janeiro a abril de 2022

Número total de amostras e o correspondente número de itens submetidos a testes rigorosos pelo Inmetro para controle metrológico dos produtos da cesta básica considerada, entre 2019 e 2021.

Grupo de Produtos	Tipo de Agrupamento	Quantidade	Reprovadas	Irregulares	ppk
Alimentos+GLP	Amostras	7.928	2.490		314
	Itens	139.765		16.455	118
Combustíveis	Amostras	1.040.088	81.854		79
	Itens	2.080.176		163.708	79

não estão incluídos.)

Como se pode ver, a taxa de reprovação de amostra do primeiro grupo superou os 30% (314 ppk, ou partes por mil), com 118ppk de unidades irregulares (ou fora dos limites convencionados de tolerância). Para o caso dos combustíveis — onde as amostras têm sempre tamanho 2 —, a taxa de reprovação foi bastante inferior: 79ppk.

A tabela a seguir mostra 5 exemplos de amostras de amostras de produtos do primeiro grupo (alimentos de GLP).

Variável	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5
Data	26/08/2019	16/01/2019	26/11/2019	16/01/2019	20/01/2022
Amostra	13	13	32	32	32
Município/UF	Rio Branco/Ac	S. J. da Laje/Al	Goiânia/Go	Ribeirão Preto/SP	Rio Pardo/RS
Pop(2018)	401.155	23.855	1.495.705	694.534	38.284
Produto	Açúcar	Macarrão	Arroz	GLP	Leite
Valor Nominal	1.000g	500g	1.000g	13.000g	1.000ml
Peso Médio	993	493	985	13.026	998
Irregulares	3	6	15	0	0
iReprova	0	1	1	0	1

Perdas médias, perdas totais e distorções

Diretamente da perda média estimada para cada produto em cada ano, decorre a correspondente perda total, em quantidade por ano. Por sua vez, a esta perda total, associada ao preço médio praticado daquele produto no respectivo ano, fica associada a correspondente perda financeira. Um exemplo ilustrativo referente ao arroz: no ano de 2019, com consumo de 10,6 Gkg foi estimada uma perda média de 0,63g/kg. Ao tripé do consumo total daquele cereal naquele ano, a correspondente taxa de perda estimada e ao preço médio praticado, deriva então uma perda monetária total de R\$ 26,1 milhões. Esses valores são sumarizados a seguir:

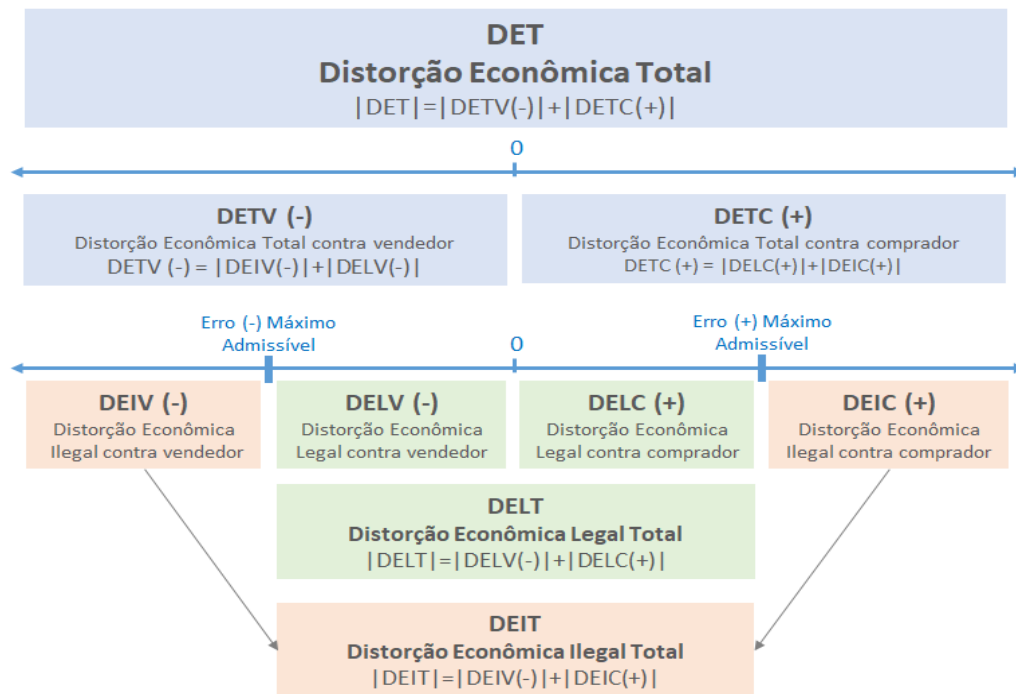
Ano: 2019	Produto: Arroz
Consumo Total: 10,6 Gkg	
Perda Média: 0,63g/kg	Perda Total: 6,7 Mkg
Preço Médio: R\$ 3,92/kg	Perda financeira total: R\$ 26,1 milhões (distorção)

Com base nas informações dos dados de consumo, preço e estimativas seguras e precisas das taxas de perda, chegou-se aos valores globais e por UF das distorções econômicas (DE). Embora implicados por taxas de perda frequentemente minúsculas — não raro negativas —, as distorções econômicas (DE) apresentam valores consideráveis, consequência do gigantismo natural do País, em área e população.

Em consequência da frequente ocorrência de perdas negativas (decorrente de estimativas de peso médio superior ao peso nominal), as DE's naturalmente apresentam maior complexidade do que simplesmente a Distorção Econômica Ilegal (DEI) e a Distorção Econômica Legal (DEL). Com auxílio da equipe de desenvolvimento deste projeto, a DE Total foi subdividida em oito parcelas não disjuntas:

- $DET - \text{Distorção Econômica Total} = DETV + DETC$
 - $DETV - \text{Distorção Econômica Total contra vendedor} = DELV + DEIV$
 - $DETC - \text{Distorção Econômica Total contra comprador} = DELC + DEIC$
 - $DELT - \text{Distorção Econômica Legal Total} = DELV + DELC$
 - $DEIT - \text{Distorção Econômica Ilegal Total} = DEIV + DEIC$
 - $DELV - \text{Distorção Econômica Legal contra vendedor}$
 - $DELC - \text{Distorção Econômica Legal contra comprador}$
 - $DEIV - \text{Distorção Econômica Ilegal contra vendedor}$
 - $DEIC - \text{Distorção Econômica Ilegal contra comprador}$

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



Composição da Distorção Econômica (Fonte: Inmetro)

Evolução anual observada entre 2019 e 2021

As três tabelas abaixo resumam os resultados das atividades de inspeção rigorosa dos 15 produtos da cesta básica (Alimentos + GLP), nos anos 2019, 2020 e 2021. Na primeira, de 2019, vê-se que no período, 3.983 amostras (com tamanhos diferentes, variando de 6 a 80 unidades) totalizando 70.425 unidades foram submetidas à inspeção rigorosa. Para o grupo Combustíveis Veiculares os números são ainda muito mais elevados.

Como se pode ver, as taxas de reprovação de amostras e as de presença de itens irregulares (por exemplo, um pacote de 1kg de peso líquido nominal, com menos que 985g de peso real) se mantiveram razoavelmente estáveis ao longo dos 3 anos.

Amostras e itens submetidos a testes rigorosos em 2019

Grupo de Produtos	Tipo de Agrupamento	Quantidade	Reprovadas	Irregulares	ppk
Alimentos+GLP	Amostras	3.983	1.314		330
	Itens	70.425		8.104	115
Combustíveis	Amostras	359.647	34.572		96
	Itens	719.294		69.144	96

Amostras e itens submetidos a testes rigorosos em 2020

Grupo de Produtos	Tipo de Agrupamento	Quantidade	Reprovadas	Irregulares	ppk
Alimentos+GLP	Amostras	1.613	467		290
	Itens	29.665		3.452	116
Combustíveis	Amostras	311.906	21.784		70
	Itens	623.812		43.568	70

Amostras e itens submetidos a testes rigorosos em 2021

Grupo de Produtos	Tipo de Agrupamento	Quantidade	Reprovadas	Irregulares	ppk
Alimentos+GLP	Amostras	2.332	709		304
	Itens	39.675		4.899	123
Combustíveis	Amostras	368.535	25.498		69
	Itens	737.070		50.996	69

4. Amostras e unidades inspecionadas: resultados coletados

Na avaliação comparativa da Distorção Total em anos sucessivos, três fatores causais da variação devem ser levados em consideração:

Consumo Total (C)

Preço Médio (Pr)

Taxa de Perda (p)

Variações de um ano para outro na distorção total observada no custo total de determinado produto para os consumidores é resultante da composição dos 3 fatores causais: Variação na quantidade consumida, no preço médio e na taxa média de perda.

A Tabela abaixo ilustra o caso da Carne Bovina, o item do grupo de alimentos com maior custo do total consumido. De 2019 para 2020, o consumo total desse produto caiu 8,7%, indo de 6,43 para 5,87 milhões de toneladas (M Ton). No mesmo período, o preço médio do kg subiu 19,2%, de 28,80 para 33,85 reais de jan/23. Por outro lado, a taxa média de perda, estimada através da monitoração pelo Inmetro, variou de 2,12 para 6,42 gramas por kg, provocando um aumento da distorção financeira de 387,3 milhões 1.274,6 bilhões de reais, em valores corrigidos de jan/23.

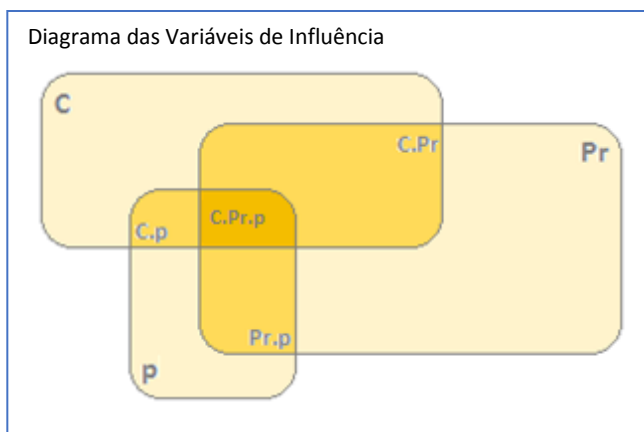
Carne Bovina	2019	2020	Variação	
			Absoluta	ppk
Consumo (G kg)	6,43	5,87	-0,56	-87
Perda Média (g/kg)	2,12	6,42	4,30	3.028
Preço (R\$ jan/23)	28,40	33,85	5,35	192
Custo Total (G R\$)	182,7	198,5	15,8	295
Distorção Total (M R\$)	387,3	1.274,6	887,3	2.291

Este aumento de quase 230% (de 2.291 partes por mil, ou ppk) foi propulsionado pelo aumento vigoroso do preço e pelo aumento ainda mais vigoroso da taxa de perda, embora tenha sido freado pela queda do consumo. É interessante explorar o efeito de cada fator de composição da distorção. Neste caso, por exemplo, se não houvesse ocorrido a queda no consumo, a distorção total teria atingido um valor 9,5% maior, ou seja: 1.395,9 milhões de reais, ou aproximadamente 1,4 bilhão de reais. É natural, portanto, que parte do aumento na distorção seja frequentemente

devido ao aumento do consumo, ocorrendo mesmo quando preço e taxa de perda sejam mantidos constantes.

O diagrama ao lado ilustra a decomposição da variação da distorção em suas 7 parcelas: C, Pr, p, C.Pr, C.p, Pr.p e C.Pr.p

A decomposição das perdas e distorções nos seus três fatores causais Preço (Pr), Consumo (C) e taxa de perda (p) pode ser melhor visualizada pelo diagrama ao lado. Quando os três fatores se mantêm estáveis, a Distorção também se alterará. A tabela abaixo refaz a anterior, assumindo uma variação nula no consumo. As variações são destacadas em



amarelo na tabela abaixo: sem redução no consumo a distorção teria sido de 1,397 bilhão de reais.

Carne Bovina	2019	2020	Variação	
			Absoluta	ppk
Consumo (G kg)	6,43	6,43	0	0
Perda Média (g/kg)	2,12	6,42	4,30	3.028
Preço (R\$ jan/23)	28,40	33,85	5,35	192
Custo Total (G R\$)	182,7	217,7	35	295
Distorção Total (M R\$)	387,14	1.397,35	1.010,21	2.609

Ainda sobre o caso da Carne Bovina, podemos realizar simulações e verificar como teria sido em cenários onde as alterações das variáveis influentes ocorressem de outras formas, conforme tabela a seguir. Sem variação de preço nem de consumo, variando apenas a taxa de perda, a perda total teria sido de 41.300 toneladas, e a distorção de R\$ 1.172,9 milhões.

Carne Bovina		Consumo	Preço	TxPerda	Consumo	Perda	Distorção	Varição
		Mkg	R\$	g/kg	GR\$	Ton	MR\$	MR\$
Caso Real	2019	6.433	28,40	2,12	182,7	13.638	387,3	-
	2020	5.865	33,85	6,42	198,5	37.653	1.274,6	887,2
Outros Cenários para C, Pr e p em 2020	2020	6.433	33,85	6,42	217,8	41.300	1.398,0	1.010,7
	2020	5.865	28,40	6,42	166,6	37.653	1.069,4	682,0
	2020	5.865	33,85	2,12	198,5	12.434	420,9	33,6
	2020	6.433	28,40	6,42	182,7	41.300	1.172,9	785,6
	2020	6.433	33,85	2,12	217,8	13.638	461,6	74,3
	2020	5.865	28,40	2,12	166,6	12.434	353,1	-34,2
2020	6.433	28,40	2,12	182,7	13.638	387,3	0,0	

O gigantismo das perdas financeiras implicadas pelas perdas em peso, embora importantes, em termos absolutos, não são tão dramáticas em termos relativos, já que correspondem a perda média estimada de apenas 6,42 gramas por kg. De qualquer forma, há espaço para significativas melhoras a serem introduzidas pelo Inmetro, através do refinamento dos procedimentos estatísticos postos em ação.

5. Sumário de resultados

A carne bovina foi, de longe, o item entre os 20 considerados na cesta básica, que apresentou maior volume de perda financeira positiva. Nos três anos analisados, em R\$ de jan23, ela começou em 776 milhões em 2019, subiu para 2,55 bilhões em 2020 e caiu para 1,688 bilhão em 2021. Outros produtos, como o leite e o pão, apresentaram perdas negativas (contra o vendedor) enormes, como sumarizado na tabela a seguir.

Perda média e DE Total, entre 2019 e 2021, dos produtos da cesta básica considerada.

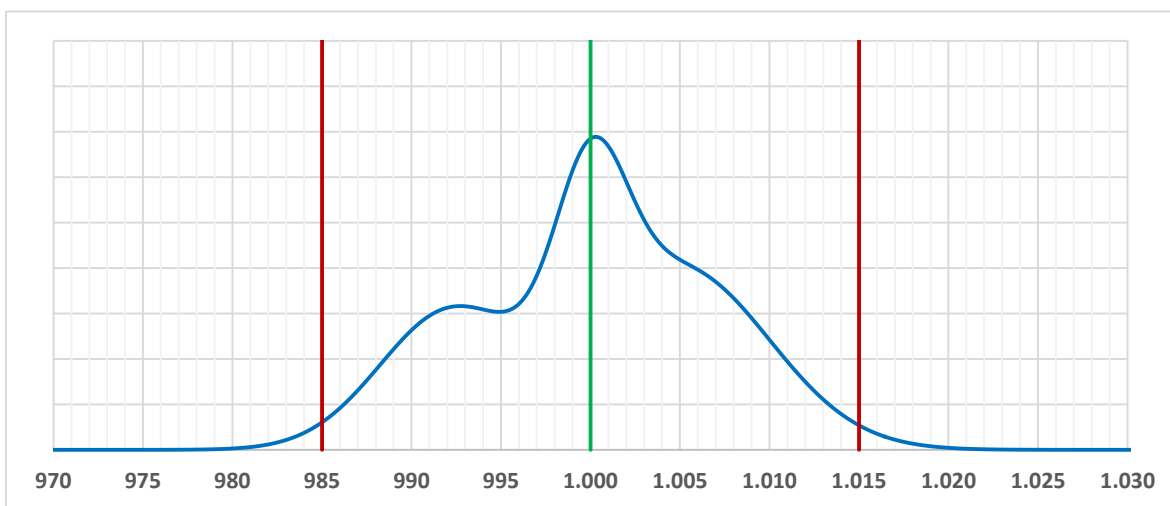
Produto	Perda Média			Unidade	Distorção Econômica (M.R\$) *		
	2019	2020	2021		2019	2020	2021
Carne bovina	2,1	6,4	3,4	g	776,0	2.549,9	1.687,6
Carne de frango	3,4	2,5	0,9	g	375,2	321,2	132,0
Carne suína	0,0	-7,2	1,5	g	0,0	-695,4	164,5
Pescado	-17,1	19,9	-21,1	g	-107,6	176,9	-269,9
Leite	-9,4	-5,6	-2,3	ml	-1.464,0	-970,2	-423,7
Feijão	0,6	-2,1	0,1	g	13,0	-53,2	1,4
Arroz	0,6	-2,3	-0,3	g	26,1	-122,0	-17,2
Farinha de trigo	2,3	-7,9	-8,0	g	73,7	-260,8	-267,5
Pão	-32,8			g	-4.316,8		
Café	-0,9	-1,4	-1,1	g	-85,1	-130,5	-117,6
Açúcar	2,3	-0,3	-2,3	g	33,5	-4,6	-43,5
Óleo de soja	-3,0	-3,8	-1,6	ml	-25,1	-30,6	-12,4
Macarrão	0,7	1,4	-0,5	g	31,2	62,0	-21,1
Biscoito	1,0	-1,0	-0,4	g	28,3	-28,2	-11,7
Queijo	0,02	0,05	1,4	g	5,3	11,8	332,4
Total (alim) *	-50,1	-1,2	-30,4	g	-4.636,3	826,3	1.133,3
GLP	-27,0	-19,4	-39,9		-6,1	-4,4	-11,4
Gasolina	-4,50	-0,95	-0,22	ml	-49,1	-9,0	-3,1
Etanol	-2,56	0,23	0,98	ml	-12,2	0,9	4,7
Diesel	-5,39	-1,68	-2,18	ml	-72,7	-20,7	-38,2
Total (comb)	-12,5	-2,4	-1,4	ml	-134,0	-28,8	-36,6
Total *					-4.776,4	793,1	1.085,3

*Os valores em Reais foram corrigidos para jan/2023.



6. Conclusões

A contenção dos pacotes de produtos dentro dos limites de tolerância convencionados é, certamente, um desafio considerável para os operadores de linhas de empacotamento. A Entropia é um fenômeno natural onipresente. Calibrar corretamente uma linha para empacotar volumes de 1000g de peso líquido não garante proteção contra a manifestação de ruído branco no peso real de cada pacote, que **certamente flutuará** em torno do valor calibrado, por exemplo como ilustra a figura abaixo. Manter essa nuvem de pontos bem-comportada dentro dos limites de tolerância — que para o exemplo citado do arroz e outros produtos alimentícios analisados neste projeto, em pacotes de 1000g é de 985g a 1015g — é certamente um desafio sério. Cumpra ao Inmetro monitorar e punir os casos de desvios para fora dos limites de tolerância, impondo seriedade disciplinar aos responsáveis pela metrologia em operações de empacotamento.



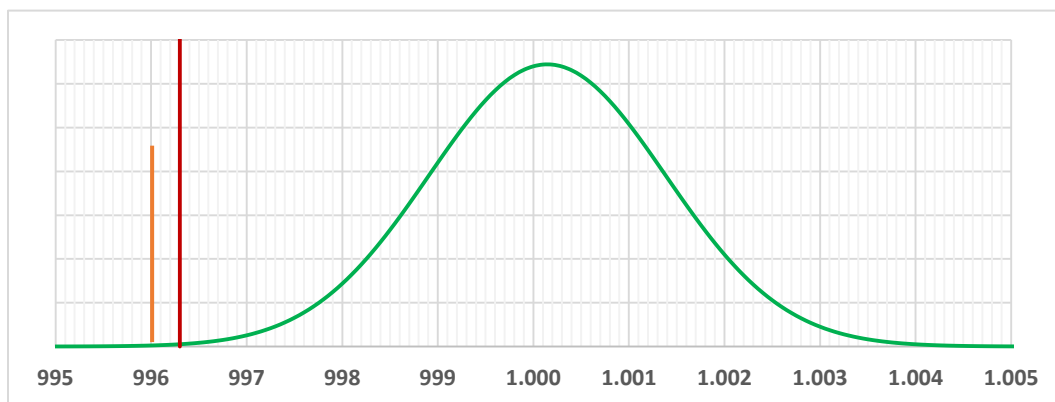
A análise das amostras coletadas revelou a importância extrema desta atividade ao mostrar a tendência acentuada da massa de valores observados escapar aos limites de confinamento definidos pelos padrões internacionais de tolerância convencionados, por Empacotador e Inspetor. O esforço exigido pelo controle metrológico nas linhas de empacotamento, envasamento ou abastecimento é tão permanente e intenso que o relaxamento da monitoria provocaria danos enormes.

Decisões a partir da análise rigorosa de uma amostra

A análise rigorosa dos itens de uma amostra fornece elementos para a decisão sobre reprovar ou não o lote representado. O exemplo do arroz em pacotes de 1000g é usado novamente para ilustrar sumariamente os conceitos estatísticos envolvidos. Seja M o peso líquido médio dos pacotes no lote do qual foi extraída aleatoriamente a amostra, e dp o correspondente desvio padrão.

Mesmo nos casos mais gerais em que a distribuição probabilística do peso real dos pacotes não corresponde a uma distribuição gaussiana perfeita, a teoria da probabilidade garante que a média de uma amostra de tamanho usualmente adotado nesta atividade do Inmetro – como se viu, variando em tamanho 13 a 50 - já garante uma aproximação adequada, como ilustram a figura anterior e a próxima. Na primeira, com linha em azul, vê-se um exemplo comum de distribuição de pesos líquidos individuais em um lote de pacotes. Tal perfil não é raro e ilustra uma linha de produção com oscilação de status de calibração, ora tão abaixo do peso líquido nominal que produz pacotes irregulares (peso real abaixo do limite de tolerância convencionado de 985g) e ora produzindo pesos irregulares, mas do outro lado da escala, acima de 1015g. Neste exemplo de caráter puramente ilustrativo, baseado em dados fictícios, o peso médio adotado foi igual, precisamente, ao peso oficial de 1000g, e variância igual a $49g^2$ e, portanto, e com desvio padrão igual a 7g.

Na próxima figura a curva em verde mostra o efeito associado ao resultado baseado em uma amostra aleatória de 32 pacotes, sorteados aleatoriamente do lote cuja distribuição de peso corresponde ao exemplo acima. Nela a variância foi reduzida – pelo efeito do tamanho amostral – para $1,533g^2$, e o desvio padrão para 1,238g. A figura abaixo mostra o ponto crítico de reprovação do lote, situado a 3,09 dp's abaixo do peso nominal de 1000g, portanto garantindo a um lote de peso médio correto a probabilidade de não reprovação igual a 0,999.



Por um lado, o perfil geral assume uma forma muito próxima à de uma distribuição gaussiana perfeita, por outro pode se ver como a variabilidade dos dados foi fortemente reduzida, em virtude do fato que a variância da média de uma amostra aleatória de tamanho n , ser n vezes menor do que a dos dados originais observados individualmente. Como demonstrou Gauss, há mais de dois séculos, na medida em que o tamanho amostral cresce, a distribuição dos valores das médias vai convergindo rapidamente para a distribuição normal (ou gaussiana, em justa homenagem). Por outro lado, o centro da distribuição em torno do qual os valores individuais se espalham não varia e vai aparecendo cada de forma mais nítida, na medida em que o tamanho amostral vai crescendo, forçando a queda do desvio padrão do peso médio dos pacotes na amostra. Indo adiante neste exemplo, se o tamanho amostral fosse ampliado mais 4 vezes, indo de 32 para 128, o desvio padrão da amostra seria reduzida pelo fator $\sqrt{128}$ do valor original dos dados, portanto à metade do dp da amostra de tamanho 32: 0,619g.

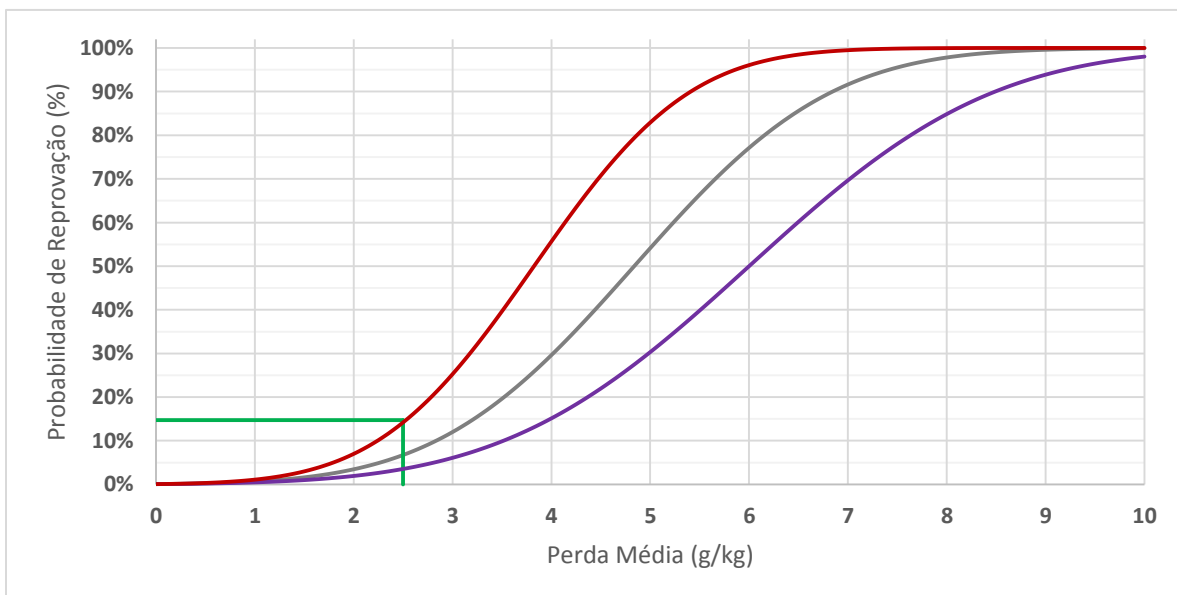
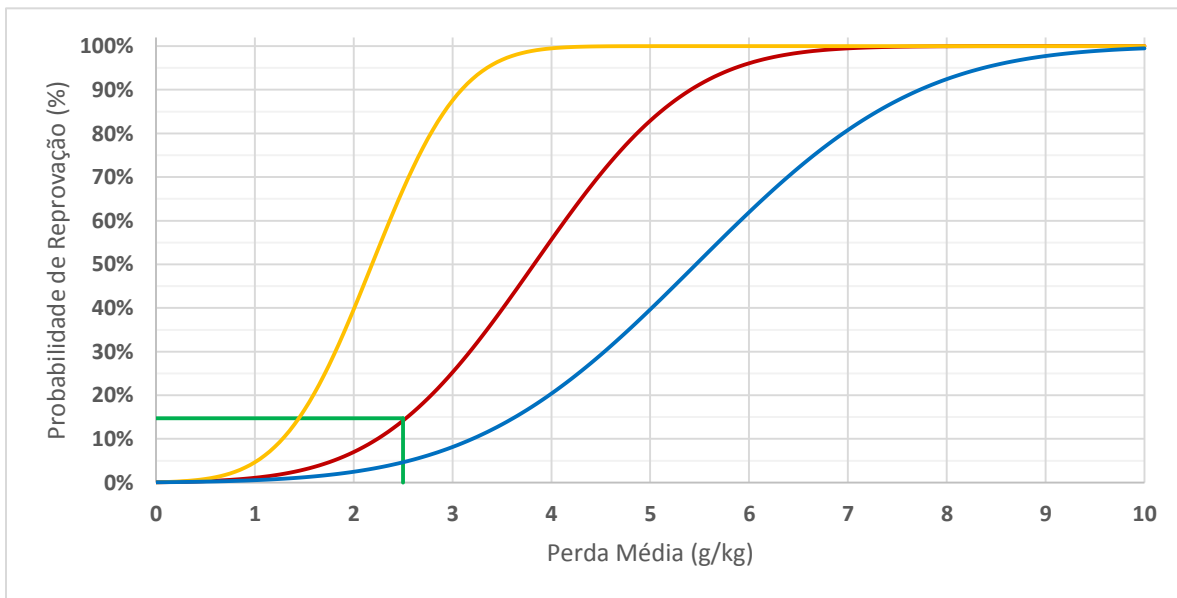
Desta forma a curva abaixo apresentaria um estreitamento por fator 2. Assim, em vez de quase totalmente confinar a distribuição dos valores entre 995 e 1005, agora o faria entre 997,5 e 1002,5.

Para melhor apreciação do aumento a nitidez ao se tentar estimar a média de uma distribuição de peso em um lote de pacotes, através da observação da amostra aleatória de apenas um pacote ou de uma amostra de 32 deles, vale confrontar os eixos horizontais das duas figuras anteriores.

Como o peso médio adotado na geração dos dados no exemplo fictício foi precisamente o peso nominal, de 1000 gramas, espera-se que a amostra não leve a reprovação da mesma. No caso, como os dados foram gerados com média 1000g e desvio padrão igual a 7g, a média de 32 pacotes sorteados aleatoriamente do lote apresenta a mesma média, e desvio padrão reduzido por fator igual à raiz quadrada de 32, portanto, a 1,24g. Por convenção internacional, a reprovação da média ocorreria se o desvio da mesma estivesse a mais de $3,09dp=3,82g$ abaixo do peso oficial de 1000g, ou seja, abaixo de 996,18g. Esta convenção objetiva garantir uma probabilidade de reprovação indevida – isto é, de um lote em que o peso médio é, de fato, igual ao especificado – seja igual a 0,001.

Por outro lado, em situação análoga, porém com taxa positiva de perda 2,5g/kg, por exemplo, a probabilidade de reprovação seria de apenas 14,7%, conforme figura a seguir.

O primeiro dos dois gráficos a seguir ilustra a forte dramatica do desvio padrão (g) nos lotes amostrais com valores iguais a 4, 7 e 10 gramas, nos casos de tamanho amostral igual a 32. O segundo fixa no $dp=7g$ (como no caso do exemplo fictício acima) e considera três tamanhos amostrais iguais a 32, 20 e 13, exemplos dos mais frequentemente utilizado em amostras de pacotes de 1kg de arroz.



A partir dessa figura pode-se extrair uma tabela com algumas das probabilidades relacionadas:

Probabilidade de Reprovação com Amostra de tamanho 32

Peso Médio Real (g)	Perda (g)	Probabilidade (%)
1000	0	0,1
999	1	1,1
998	2	7,2
997	3	26,1
996	4	57,0
995	5	83,9
994	6	96,5
993	7	99,6
992	8	99,97
991	9	99,99
990	10	100



Campinas, 14 de abril de 2023.

Sebastião de Amorim

Inês Carvalho de Azevedo