

ABQ

Academia
Brasileira da
Qualidade

Estatística e Qualidade: até onde vai uma, até onde segue a outra?

Autoria: Paulo Afonso Lopes da Silva



Estatística e Qualidade: até onde vai uma, até onde segue a outra?

Pensamento estatístico para a Qualidade

Normalmente, agimos com base em experiências ou percepções passadas, assim como em evidências informais a partir de histórias ainda não publicadas, ou seja, do "ouvir falar". Por exemplo, se um amigo lhe diz ser um bom negócio aplicar em um imóvel que proporcionará um lucro líquido de 15% no prazo de um ano, conselho baseado na experiência dele, devemos fazer esse investimento?

Ocorre que essa decisão é parte de um ambiente que fornece inúmeras informações de mercado, que lida com vários micros e macroeventos, para os quais, entretanto, as reações não são as mesmas para cada indivíduo. Como resolver?

A resposta encontra-se na análise dos dados e, principalmente, no pensamento estatístico de cada pessoa. Entretanto, esse pensar está disseminado? O que vem a ser ele?

O pensamento estatístico é uma filosofia de aprendizagem e ação, baseada nos seguintes princípios fundamentais: trabalhos ocorrem em um sistema de processos interconectados, todos com variabilidade, que deve ser compreendida e reduzida para ser obter êxito. Mais ainda, qualquer resposta ou saída dessas atividades interligadas é causada por variáveis que também interagem e não podem ser pensadas como independentes uma da outra, embora muitos problemas, por causa do difícil trato matemático, são resolvidos considerando-as como tal, o que pode conduzir a decisões equivocadas.

Na busca pela Qualidade de produtos ou de serviços, esses devem ser considerados com a intrínseca variabilidade causada pelos equipamentos, pelos materiais, pelos métodos, pelas medições, pelas pessoas e pelos ambientes físico e organizacional.

Nos dias de hoje, torna-se necessário mudar o foco no papel da Estatística para a Qualidade, migrando do uso somente das ferramentas matemáticas para o emprego do pensamento estatístico, porque esse influencia todos os aspectos da Qualidade, incluindo aqueles relacionados à administração. A Estatística é um processo de pensar que reconhece que todo trabalho é uma sequência de processos interligados, na qual as oportunidades para melhoria relacionam-se a identificar, caracterizar, quantificar, controlar e reduzir variabilidades, essas de presença constante.

A Qualidade tem quatro ingredientes-chave: liderança da alta administração, qualidade do produto e atenção ao cliente, pessoas e trabalho em equipe; a parte operacional da implantação e da implementação dela consiste no planejamento feito pela administração e no aplicar da Estatística, cujo papel se destaca. Por exemplo, um processo de fabricação requer o controle estatístico (cujo nome mais adequado é acompanhamento estatístico), que tem por objetivo o que se conhece por qualidade do produto.

O papel do pensamento estatístico é auxiliar a desenvolver os relacionamentos entre produtor e consumidor, e sua definição (filosofia de aprendizagem e ação) integra as ideias de processo, de variabilidade, de análise, de expansão do conhecimento e da tomada de ações, sendo seu princípio fundamental, no caso da Qualidade, reduzir a variabilidade.

Nesse contexto, as informações são a base para construir os modelos estatísticos, os quais auxiliam os decisores, induzindo ações para eliminar as chamadas causas especiais, que ocorrem por motivos claramente identificáveis e que devem ser eliminadas.

O difícil papel da Estatística

Nos dias atuais, ainda é mais socialmente aceitável confiar nos julgamentos pessoais, mesmo quando os dados sugerem uma decisão contrária. O papel da Estatística nas tomadas de decisão é um estímulo para encontrar novas áreas para aplicar análises estatísticas, entre as quais aquelas consideradas especialidades humanas, como a da intuição e da experiência profissional. O julgamento de uma pessoa é, muitas vezes, insuficiente em situações complexas, que forçam o processamento de uma grande quantidade de informações, muitas vezes em tempo real, para a tomada rápida de decisões. Mesmo com o desenvolvimento de atalhos mentais, com o sentimento e aparente sabedoria para evitar a sobrecarga de informações, as pessoas não conseguem processar todas as variáveis relevantes e suas interações, bem como atribuir a elas adequada importância.

No entanto, desde a década de 1950, análises estatísticas auxiliam a resolver situações complexas, inclusive com modelos simples, que produziram melhores previsões do que o julgamento de especialistas. Em 1977, na previsão de risco cardíaco em uma sala de emergência, o Dr. Lee Goldman¹ foi pioneiro na aplicação dos métodos de análise multivariada para criar uma lista de verificação, fácil de usar pelos médicos, que estima o risco cardíaco. O "Índice Goldman", que determina quais pacientes com dor no peito exigem internação hospitalar, estabelecendo prioridades para a prevenção e tratamento de doenças coronárias e alterando a maneira como o atendimento médico é prestado, provou, ao longo dos anos, superar a avaliação com base no julgamento profissional.

Um segundo exemplo é a previsão de um diagnóstico correto em um pronto atendimento hospitalar, mediante um sistema de apoio ao diagnóstico clínico, baseado em computador, que usa informações dos sintomas dos pacientes para identificar os diagnósticos mais prováveis entre mais de 11.000 opções, uma tarefa que simplesmente não é possível para humanos. Um estudo de 2008 revelou que, quando as características-chave de 50 casos desafiantes, relatados no *The New England Journal of Medicine*, foram inseridas no sistema, esse forneceu o diagnóstico correto em 48 deles (acerto de 96%).

Entretanto, por ser mais socialmente aceitável confiar nos julgamentos pessoais, mesmo quando os dados sugerem uma decisão contrária, e como a Estatística, em geral, é vista com suspeita pelo grande público, o seu uso específico na medicina faz com que os pacientes não acreditem muito nos profissionais que usam um sistema de apoio de diagnóstico clínico baseado em computador. Como os médicos estão conscientes dessa percepção, muitos não usam essas ferramentas, mesmo que saibam que as técnicas estatísticas provaram ser melhores do que o julgamento de especialistas.

Conclusão: todos nós precisamos da Estatística, mas ninguém a quer para seu benefício.

1 Goldman, L.; Caldera, D. L.; Nussbaum, S. R.; Southwick, F. S.; Krogstad, D.; Murray, B.; Burke, D. S.; O'Malley, T. A.; Goroll, A. H.; Caplan, C. H.; Nolan, J.; Carabelleo, B.; Slater, E. E. (1977). "Multifactorial Index of Cardiac Risk in Noncardiac Surgical Procedures". *New England Journal of Medicine*. 297 (16): 845–850. doi:10.1056/NEJM197710202971601.

É preciso estudar Estatística para saber Qualidade?

Uma pessoa, recentemente, perguntou-me se precisava aprender Estatística para estar no campo da Qualidade. Respondi que depende do ambiente em que se está. Conhecer Estatística é uma grande vantagem para quem trabalha em áreas específicas ou necessita resolver problemas em um ambiente de variabilidade. Todavia, se as atividades não estiverem inseridas nesses contextos, não é preciso aprofundar os conhecimentos, e apenas uma visão geral é suficiente.

Aprender Estatística é como aprender um novo idioma: cada conceito recente apresentado é mais fácil de internalizar se você tiver absorvido os anteriores, pelo motivo de haver uma lógica que, uma vez compreendida, orienta o que procurar na próxima etapa, sendo sempre mais fácil não somente assimilar o novo, mas também manter a motivação quando os assuntos se tornam mais difíceis.

Já tentou aprender alemão a partir de um dicionário alemão-português? Claro que não! De modo semelhante, começar a aprender Estatística com um material que não seja didático leva à frustração, porque, normalmente, livros e dicionários são excelentes como referências e podem ajudar a aprendizagem, porém a maioria deles tem uma estrutura que enfatiza a parte matemática ao invés de, primeiro, o enfoque experimental que, a partir de situações repetidas, que geram um padrão de comportamento, forma um fundamental alicerce de conceitos.

Nesse aprendizado da Estatística, há um carma, termo relacionado, no budismo, às nossas intenções, quaisquer que sejam elas, com resultados considerados bons ou ruins. Sendo nosso objetivo continuarmos a existir ao longo do tempo, nossas ações nos levariam a reencarnar diversas vezes para uma melhoria contínua. Ou seja, ao gerarmos o carma da Estatística, ficamos atrelados a ela nas nossas existências até que o possamos extinguir e, desse modo, libertarmo-nos desse ciclo de renascimentos. Normalmente causado pelos cursos universitários, esse carma é facilmente evidenciado, quando não mais precisamos repetir a disciplina, libertando-nos, o que deve ter originado a seguinte afirmação, de autor desconhecido²: "Se eu tivesse apenas uma hora de vida, desejaria passar em uma aula de Estatística, porque iria parecer uma eternidade...".

Nesse contexto, deve haver poucos estatísticos que não tenham vivido a situação de serem confrontados com a dificuldade de passar suas ideias a profissionais de outras áreas. O que é bastante óbvio para um membro do primeiro grupo e que pode ser facilmente apreendido, apresentará dificuldade considerável para alguém do outro grupo porque há diversos conhecimentos e habilidades.

Esse transmitir conceitos a profissionais de outras áreas tem sido uma das principais dificuldades no caminho da disseminação dos conceitos básicos e dos métodos estatísticos modernos.

Uma visão geral da Estatística

Por que os profissionais devem entender estatística? Porque as nossas decisões diárias baseiam-se em informações incompletas. Pessoas com diferentes formações devem decidir em momentos da vida com base em modelos quantitativos não exatos, e o objetivo da Estatística é auxiliar as tomadas de

² "If I had only one day left to live, I would live it in my statistics class: it would seem so much longer." In Gaither, C. C. e Cavazos-Geither, A. E., *Statistically Speaking: A Dictionary of Quotations*, CRC Press, 1996, ISBN-10: 0750304014 e ISBN-13: 978-0750304016.

decisão em face de incertezas, justificando-as cientificamente, analisando números, constatando relações e fazendo inferências para um todo a partir de uma amostra do mesmo.

A Estatística trata com o lidar e o quantificar da variabilidade intrínseca, comum em toda a Natureza, e da incerteza causada pelo desconhecimento do todo quando examinamos apenas uma parte dele. A Estatística busca, então, modelar a estabilidade da variabilidade.

A razão de ser da Estatística é para auxiliar as tomadas de decisão e não somente para analisar situações.

No estudo estatístico, coletam-se unidades individuais de observação de nosso interesse. Entretanto, à Estatística não interessa concluir a respeito dessas unidades, mas sim do quadro geral, grupos, conjuntos ou eventos, denominados, genericamente, pelo termo população e, dessa, uma ou mais características. A partir do todo, retira-se uma parte, denominada amostra, que deve ser representativa dele, ou seja, conservando todas as suas características; após, é descrita, em termos numéricos ou não, e de modo sistemático, para se poder, a partir dessas informações, caracterizar toda a população.

O resumo, a organização e a descrição das características das unidades de observações obtidas da amostra constituem a chamada Estatística Descritiva. O passo seguinte, generalizar para a população aquilo que se observou na amostra, denomina-se Inferência Estatística (também chamada Estatística Indutiva ou Inferencial).

Como as informações para a Inferência Estatística provêm de um conjunto menor que a população, nunca as conclusões serão totalmente corretas, podendo-se cometer erros, que são quantificados e expressos por um valor, determinado pelo cálculo das Probabilidades, campo do conhecimento que lida com modelos matemáticos racionais para situações relacionadas com incertezas e, em outras ocasiões, com o acaso.

É importante enfatizar que a Estatística Descritiva e o Cálculo das Probabilidades são ferramentas para a Inferência Estatística, a qual lida de duas maneiras com os resultados obtidos a partir das amostras:

- a) realizando um teste para verificar se pode ser considerado verdade o que se afirma a respeito de uma característica da população; e
- b) afirmando entre quais limites pode se encontrar essa característica.

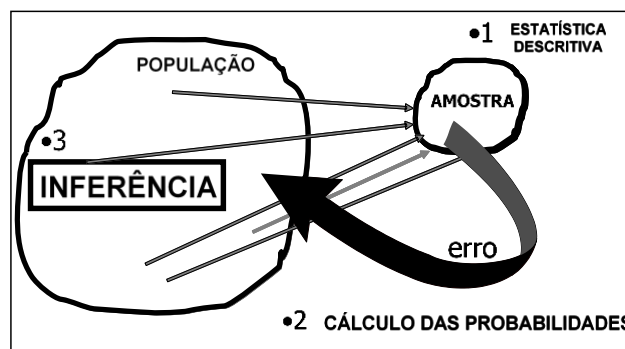


Figura 1. Visão Sistêmica da Estatística

A análise exploratória de dados (Estatística Descritiva) é a fase inicial do processo de estudo dos elementos coletados nas amostras. Nessa etapa, utilizam-se técnicas que resumem e classificam o conjunto coletado para que se obtenham as informações pertinentes que serão utilizadas na fase final do processo, que é a análise confirmatória de dados, denominada Inferência Estatística.

O objetivo da Inferência Estatística é auxiliar a tomar decisões a respeito da população com base em uma amostra da mesma. Divide-se em:

- Estimação: quando nada se sabe a respeito da população; e
- Testes de Hipóteses: quando se afirma algo sobre a população e vai-se verificar se é verdade.

Independentemente de qual enfoque se aplique, as afirmações feitas sempre devem vir acompanhadas de um grau de confiança, ou seja, o quanto se está certo ao comunicar uma informação, porque toda decisão tem um risco, a probabilidade associada a uma decisão errada, havendo dois tipos de erros:

- Rejeitar como falso o que é verdadeiro;
- Aceitar (não rejeitar) como verdadeiro o que é falso.

É preciso sempre considerar os dois riscos, e estipulá-los antes do início dos trabalhos, considerando a relação custo/benefício de uma possível decisão errada. Eles são inversamente relacionados, ou seja, quando um aumenta o outro diminui, embora não somem 100%.

As variações dos fenômenos devem-se a um grande número de causas que não podemos controlar, às quais o estatístico denomina, simplesmente, acaso, situação em que o resultado de uma experimento geralmente ocorre; entretanto, se ela se repetir uma grande quantidade de vezes, pode-se construir um modelo a partir do qual se podem tomar decisões referentes ao processo experimental apenas pelas suas características, sem necessidade de refazer a experimento. Usualmente, é possível construir um modelo matemático satisfatório e empregá-lo no estudo de suas propriedades e na obtenção de conclusões a partir do seu uso.

O modelo que um estatístico seleciona é capaz de, geralmente, possibilitar previsões sobre a frequência dos resultados que se espera ocorrer quando um acontecimento se repete sob condições semelhantes.

Em virtude da natureza dos modelos e dos dados obtidos, é natural que a Probabilidade seja a segunda ferramenta da Inferência Estatística (a Estatística Descritiva é a primeira). O estatístico vê nas probabilidades a proporção de vezes que determinado resultado ocorrerá nas repetições de um experimento, e um modelo probabilístico é um instrumento matemático que prevê um possível resultado sem que seja necessário repetir a situação.

Quanto mais complexo o trabalho, mais elaborado é o modelo probabilístico e, uma vez que esse constitui somente uma representação da realidade, as conclusões obtidas dependem do grau de adequabilidade em relação à situação em estudo. Para garantir que os modelos teóricos sejam adequados à vida real, torna-se prioritário conhecer os detalhes do seu campo de aplicação, ou seja, o seu contexto, independentemente da dificuldade do problema.

Nos métodos estatísticos, formulam-se hipóteses, conduzem-se experimentos, e testa-se se o afirmado inicialmente é verdade (ou não) com base nos dados observados.

As pessoas baseiam suas decisões na modelagem do comportamento da natureza, feita a partir de amostras.

Entretanto, por mais perfeito que possa parecer, um modelo é sempre uma simplificação da realidade que, ao ser aplicado, gera os conceitos de significância estatística e de significância prática.

Do ponto de vista experimental, quando se está tomando decisões, pode haver uma significância estatística, no sentido de que uma hipótese deve ser rejeitada, todavia o afastamento do que foi observado pode ser de pouca (ou nenhuma) significância prática (engenheiros poderiam chamá-la "significância de engenharia"). Isso é mais verdadeiro quanto maior o tamanho da amostra.

Em uma situação real, por exemplo, a diferença entre 5.000m e 5.000,5m não é grande o suficiente para ser considerada, ou seja, concluir que o valor é 5.000m, quando, na verdade, ele é 5.000,5m é um erro inexpressivo e não tem significância prática. Para amostras razoavelmente grandes, com base no valor 5.000m, o resultado 5.000,5m fará, matematicamente, com que a hipótese seja rejeitada. Desse modo, deve-se ter cuidado ao interpretar resultados de um teste de hipóteses quando o tamanho da amostra é grande, porque pequenas diferenças nos valores serão provavelmente notadas, mesmo quando são de pouca ou nenhuma significância prática.

As decisões devem sempre basear-se em números, resultantes de cálculos a partir de modelos matemáticos, mas confiar cegamente nesses números, sem considerar a adequação dos resultados à realidade, é uma heresia. Convém ressaltar que Estatística não é Matemática, e sim uma ciência essencialmente experimental, ocorrendo seus resultados a partir do comportamento dos fenômenos da natureza, e a Matemática apenas proporciona o suporte operacional.

Requisitos para saber analisar estatisticamente

Como qualquer habilidade, realizar uma análise estatística exige três requisitos:

- basear-se em sólidos conceitos fundamentais;
- dominar ferramentas estatísticas e pacotes computacionais; e
- aplicar esses conceitos e usar essas ferramentas e modelos adequados em um ambiente realista, ao executar uma análise em projetos de pesquisa ou em trabalhos profissionais.

Geralmente, o foco dos estudos dos conceitos da Estatística reside na área da modelagem, em que se enfatiza a beleza dos modelos estatísticos (eles são bem interessantes, não?). Entretanto, todos eles têm a mesma estrutura, somente os detalhes variam, e se a pessoa interessada dominar um inicial, qualquer outro modelo estará a apenas poucos passos do modelo básico.

Não existem definições de fórmulas estatísticas, porque todas podem ser deduzidas a partir dos seus conceitos. Um exemplo simples é o da média aritmética, uma primeira medida de representatividade.

A Estatística Descritiva resume os dados por meio de um número para caracterizar a todos eles. Esse número, que representa os demais valores, mantida uma certa propriedade, denomina-se média, sendo uma medida de representatividade, não de tendência central.

Por exemplo, suponha-se os valores 2, 3 e 4. Denote-se por M o número que os vai representar. Pode-se, então, escrever que M representa o 2, M (de novo!) representa o 3 e o mesmo M representa o 4. Como os conjuntos são "iguais", pode-se escrever que:

$$2 \quad 3 \quad 4 \quad = \quad M \quad M \quad M$$

Se a propriedade a ser mantida for a soma, então:

$$2 + 3 + 4 = M + M + M$$

Daí que

$$2 + 3 + 4 = 3M$$

e, finalmente,

$$M = \frac{2+3+4}{3}$$

Conclusão: quando a propriedade mantida for a soma, a média denomina-se média aritmética.

Cada uma dessas médias tem um nome particular, dependendo da propriedade que mantém: se a soma, tem-se a média aritmética; se a multiplicação, tem-se a geométrica e, se for referente a taxas de variação, média harmônica.

Com esse conceito, deduz-se a expressão da média aritmética \bar{X} de uma amostra, Equação (2):

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Se pensarmos em outras habilidades de alto nível que dominamos na nossa vida, quaisquer que sejam, como um projeto de pesquisa ou um esporte, percebemos a existência dos três requisitos para saber analisar-se estatisticamente (conceitos, ferramentas e aplicações), requisitos que precisam ser desenvolvidos juntos ao longo do tempo e por muitos anos para se atingir a excelência dos resultados: conhecimento profundo para compreender como funcionam os conceitos, as ferramentas e os campos de aplicação. Da mesma maneira, praticar em um contexto real, e não repetindo os exemplos perfeitos de livros didáticos, faz com que o conhecimento tenha mais sentido e melhore as habilidades com as ferramentas.

Na parte da habilidade, uma pergunta surge: é sempre útil aprender vários pacotes estatísticos? Essa situação é semelhante à seguinte: é preciso aprender mais de um idioma? Certamente muitas pessoas saem com apenas um, falando uma vida inteira sem nenhum problema de comunicação. Mas se você mora em um lugar onde o idioma que você aprendeu em casa não é o que mais as pessoas usam, você está limitado. Nessa situação, aprender outro idioma estatístico é extremamente importante. Por exemplo, se você é o único usuário da linguagem R, em um local onde todas as outras pessoas usam o Stata, é difícil pedir ajuda aos colegas ou compartilhar resultados. Porém mesmo que sua primeira linguagem de programação, seu software ou seu aplicativo funcione para a vida cotidiana, ter mais habilidades computacionais amplia o número de sucessos nas oportunidades e aumenta os níveis de eficácia das análises realizadas.

Independentemente de qual estágio você se encontra em relação aos conhecimentos estatísticos, desenvolva em cada um deles todos os três requisitos: conhecimento, ferramentas e experiência. O domínio no estágio em que está prepara-o para o próximo, auxiliando-o a descobrir onde colocar sua energia, tempo e recursos para seguir adiante.

Métodos estatísticos para a melhoria da Qualidade

“Afirmo muitas vezes que, se você medir aquilo de que está falando e expressar em números, você conhece alguma coisa sobre o assunto; entretanto, quando você não o pode exprimir em números, seu conhecimento é escasso”. O autor da frase é um físico irlandês do Século XIX, chamado William Thomson, um dos cientistas mais importantes de sua época. Poucas pessoas reconhecem esse nome, porque ele se tornou conhecido como Lorde Kelvin.

Entretanto, mais convincente deva ser William G. Hunter (1937-1986), quando professor da Universidade de Wisconsin-Madison, Estados Unidos, que afirmava:

Se a qualidade e a produtividade devem melhorar a partir dos níveis atuais, as mudanças devem ser feitas na maneira de como as coisas estão sendo feitas atualmente;

Gostaríamos de ter bons dados para servir como base racional para fazer essas mudanças;

Uma dupla questão deve ser abordada: quais dados devem ser coletados e, uma vez obtidos, como devem ser analisados? A Estatística é a ciência que aborda essas perguntas.

A Estatística é comparável à Medicina, no sentido de que existem muitas subáreas, assim como existem muitas especialidades médicas. As "doenças" da Qualidade geralmente podem ser curadas e a qualidade otimizada apenas por meio do uso inteligente de combinações de técnicas estatísticas para determinar se realmente uma variação anormal ocorreu em qualquer processo que esteja sendo acompanhado para identificar os fatores que estão influenciando as mudanças nos valores das características desse processo.

Os livros que explicam os métodos estatísticos para a melhoria da qualidade restringem-se, essencialmente, às técnicas estatísticas mais comuns, que se tornaram clássicas. Entretanto, os problemas atuais, com a complexidade dos sistemas produtivos e a existência de dados autocorrelacionados, demandam novas soluções, entre as quais os gráficos adaptativos, com maior poder de detecção de não conformidades, a combinação dos gráficos de controle de Shewhart e *EWMA* (média ponderada exponencialmente das observações), análise multivariada e controle não paramétrico (independente de distribuição).

Em geral, como o campo dos métodos estatísticos aplicados à melhoria da qualidade continua a evoluir, para os não estatísticos deve-se enfatizar o raciocínio intuitivo, ao invés do formalismo e do simbolismo matemático.

As técnicas estatísticas são úteis para identificar e prever problemas e suas causas, sendo o objetivo principal a melhoria da qualidade, não o seu controle. Nos Estados Unidos, em 1 de julho de 1997, a *American Society for Quality Control* (ASQC) tornou-se, simplesmente, a *American Society for Quality*, sendo essa mudança de nome o reflexo de um movimento apropriado que abrange bem mais que um simples controle de qualidade. Entretanto, o já citado William Hunter tinha sugerido *American Society for Quality Improvement*. George Box (1919-2013), outro professor da Universidade de Wisconsin-Madison, enfatizava que os sistemas são dinâmicos e que as melhorias devem ser constantemente buscadas, porque "não há verdades absolutas, apenas os passos em um processo interminável."

Gigantes estatísticos da Qualidade³

Essa lista inicia-se com Walter A. Shewhart (1891-1967), o primeiro com a ideia dos gráficos de controle, hoje também conhecidos como gráficos de Shewhart.

Em seguida, W. Edwards Deming (1900-1993), estatístico e consultor em qualidade, tão destacado em seus trabalhos que foi notícia na primeira página de principais jornais, Figura 2.

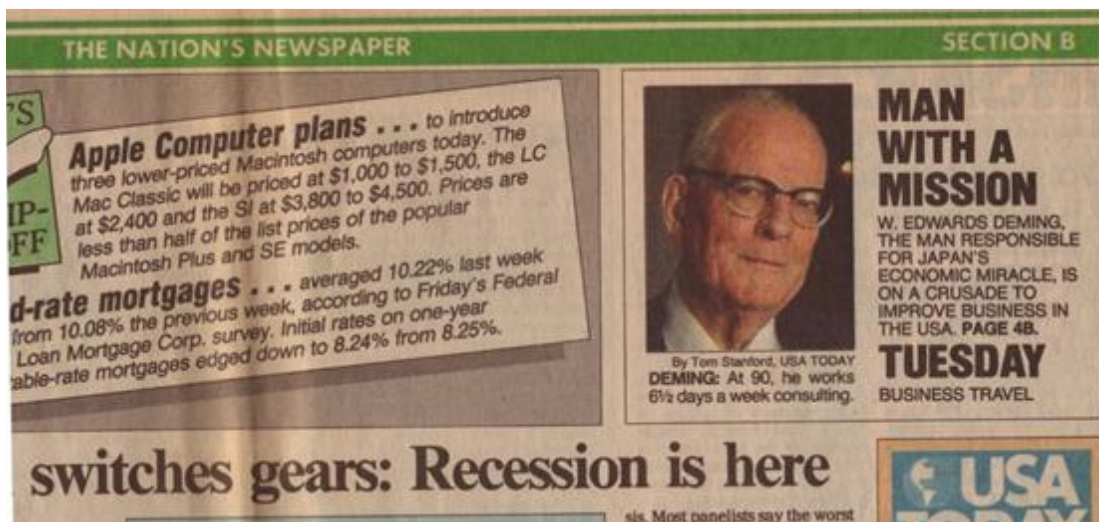


Figura 2. Atividades de Deming na primeira página de jornal

Ironicamente, ele tinha cerca de 80 anos antes de começar a receber atenção nos Estados Unidos, onde foi muito lenta a compreensão das suas realizações para ajudar o Japão a progredir de produtos de baixa qualidade para produtos de qualidade superior. Há um ponto de esclarecimento que deve ser feito: quando Deming, nos seus 14 pontos, argumentou contra estabelecer valores-alvo, ele estava discutindo contra metas para cotas de produção, não para as características do processo que, geralmente, não devem ser usados com gráficos de controle. Deming estava constantemente reprimindo a administração americana, afirmando que: a) causa cerca de 90% dos problemas de qualidade, porque enfatiza o pensamento a curto prazo e os lucros trimestrais em vez de estratégias de longo prazo; b) é inadequadamente treinada; c) não tem um conhecimento aprofundado da empresa; e, d) procura resultados rápidos. Deming também recebeu crédito pelo chamado PDCA (Plan-Do-Check-Act), que consiste em planejar um processo, realizá-lo, verificar os resultados, e agir de acordo com o ocorrido; em seus últimos anos, sua preferência mudou para PDSA, com "Study" substituindo "Check", agora denominado "Ciclo de Deming", embora Deming referisse-se a ele como "Ciclo de Shewhart".

Joseph M. Juran (1904-2008) é outra figura de destaque, e suas contribuições foram para a gestão ao invés do uso de métodos estatísticos para alcançar a melhoria da qualidade.

Kaoru Ishikawa (1915-1989) aprendeu os princípios do controle estatístico da qualidade desenvolvido por americanos, principalmente Deming e Juran, expandindo-os e adaptando-os para o sistema japonês.

A contribuição mais importante de Ishikawa foi apresentar uma estratégia especificamente japonesa da qualidade, enfatizando, dentro das empresas a ampla participação de todos na qualidade, não

³ "Se pude enxergar mais longe foi porque estava sobre os ombros de gigantes," Isaac Newton (1643-1727)

apenas estimuladas a partir da alta administração para os demais setores, e a análise desde o início até o término do ciclo de vida de produto. Introduziu o conceito de Círculo de Qualidade e o Diagrama de Causa-e-Efeito, também conhecido como Diagrama de Ishikawa, ferramenta que facilmente pode ser usada por não especialistas para analisar e resolver problemas.

Eugene L. Grant (1897-1996) não recebeu o status de pioneiro, entretanto merece ser mencionado pelo que Juran afirmava a respeito dele: "Sua contribuição para a metodologia estatística foi muito maior do que (W. Edwards) Deming". Embora seu impacto na qualidade fosse profundo e ele fosse muito mais instrumental em ressaltar a qualidade, a mídia exagerou as contribuições de Deming, mas não as de Grant. Ele era um acadêmico de carreira na *Stanford University* desde 1930 até se aposentar em 1962, sendo mais conhecido por seu clássico livro "*Statistical Quality Control*", publicado pela primeira vez em 1946. A *American Society for Quality* instituiu em sua homenagem o "Prêmio Eugene L. Grant", conferido anualmente para o profissional que "tenha demonstrado liderança excepcional no desenvolvimento e na apresentação de um programa educacional meritório de controle de qualidade."

Harold F. Dodge (1893-1976) é conhecido por suas contribuições, especialmente as tabelas de inspeção de Dodge-Romig, com vários tipos de planos de amostragem. Ele trabalhou nos Bell Laboratories de 1917 a 1958 e terminou sua carreira como professor de Estatística e Matemática Aplicadas no *Statistics Center* da *Rutgers University* de 1958 até 1970.

George E. P. Box (1919-2013) geralmente não é listado como líder, mas por suas contribuições para os métodos estatísticos de melhoria da qualidade. Seu livro, "*Statistical Control: By Monitoring and Feedback Adjustment*", em coautoria com Alberto Luceño e María del Carmen Paniagua-Quiñones tem a seguinte principal mensagem: os gráficos de controle e o controle dos processos de engenharia devem ser usados em conjunto.

Os nomes da Qualidade que foram citados neste item, embora de diferentes áreas de especialização, têm uma coisa óbvia em comum: tiveram uma vida extremamente longa.

Estatística não é matemática

Embora a maioria das pessoas pense que a Estatística é um ramo da Matemática, não o é, por ser essencialmente experimental, e a Matemática, somente uma ferramenta dela.

Existem diferenças sutis entre os raciocínios matemático e estatístico, o que se pode verificar por meio do exame das tarefas específicas:

- a) Na Estatística, usamos ferramentas da matemática na resolução de problemas (por exemplo, o uso de algoritmos e fórmulas, modelos de probabilidade teóricos e vários modos de representações gráficas). No entanto, dependemos fortemente de dados e do contexto no raciocínio estatístico;
- b) As questões estatísticas começam com um contexto a partir do qual os indivíduos devem tomar decisões sobre como coletar dados para investigar problemas. É impossível entender o problema estatístico sem conhecer os detalhes da situação em torno dos dados. Por exemplo, ao examinar o valor típico do tamanho de um calçado, pode-se identificar dados discrepantes ao se observar um determinado diagrama. A idade das pessoas cujo pé foi medido pode contribuir de modo significativo para entender como os dados são distribuídos. Sabendo-se que o contexto é o comprimento de pé dos alunos com idades entre 11 e 13 anos, se um valor de tamanho de pé 42 estiver presente, tem-se uma justificativa para decidir pela exclusão desse valor da análise e da interpretação dos resultados;

- c) A questão da medição é outra diferença importante entre Estatística e Matemática. Nessa, a medição geralmente se refere ao entendimento de unidades e à precisão em problemas que lidam com a maioria das medidas concretas, como comprimento, área e volume, todavia, na Estatística, a medição pode ser um pouco mais abstrata. Por exemplo, ao considerar como você pode medir a inteligência ou o ritmo de vida de uma cidade, não há um método direto. Em vez disso, os pesquisadores e estatísticos têm que decidir como medir melhor o que está sendo estudado e frequentemente o fazem de maneiras diferentes.
- d) A variabilidade e a incerteza das conclusões são outra diferença entre Estatística e Matemática. Nessa, os resultados geralmente são alcançados por meio de dedução, prova lógica ou indução matemática e, tipicamente, há uma resposta correta. A Estatística, no entanto, utiliza o raciocínio indutivo e as conclusões são sempre incertas, em grande parte devido à interpretação do contexto e dos métodos que envolvem a coleta e análise de dados, bem como da natureza da variabilidade das amostras.

Por exemplo, "Quantos anos têm os professores da minha universidade?" é uma questão estatística, na qual se espera uma variabilidade. Para responder à questão, precisa-se decidir onde obter os dados dos professores, medir as idades deles e escolher uma função matemática, cujo valor é obtido com os dados da amostra para as medidas de interesse.

Em contraste, dado o conjunto de dados das idades dos professores, pedir aos alunos para encontrarem a média aritmética dos anos de vida não é uma questão estatística, desde que a resposta é definitivamente um único número, encontrado usando um algoritmo, ou seja, um estimador.

Em resumo, deve-se destacar a natureza das questões estatísticas, quais sejam: contexto, medição, variabilidade e incerteza; a Matemática serve como uma ferramenta para ajudar a investigá-las, mas não o único fim da Estatística em si mesma. Essa, para ser ensinada, não precisa de um estudo, em profundidade, de teoria dos conjuntos e da análise combinatória para o Cálculo das Probabilidades, sendo suficientes os conceitos que realmente serão utilizados, para que haja tempo para se abordar os pressupostos dos modelos, suas aplicações e a interpretação dos resultados. Uma distorção existente na apresentação do Cálculo das Probabilidades nos ensinamentos fundamental e médio é o estudo somente da distribuição de Gauss⁴ conhecida como distribuição normal, vista como se fosse a única da Estatística, ignorando-se todas as demais. Nos dias de hoje, já há suficiente evidência para que seja usada, por exemplo, a distribuição de Student⁵, que considera o tamanho da amostra, diferentemente daquela de Gauss;

Finalmente, se Estatística fosse Matemática, todos os matemáticos gostariam dela.

Estatístico: profissão regulamentada no Brasil

Convém esclarecer que o exercício da profissão de Estatístico é privativo daqueles que têm formação específica para participarem em projetos que envolvam análises estatísticas. A Estatística aplica-se a todos os campos do conhecimento, sendo necessários especialistas com forte fundamentação teórica nesse campo do conhecimento, atividades respaldadas pela Lei no. 4.739, de 15 de julho de 1965. Além do mais, o Estatístico está obrigado, nos seus trabalhos, a citar o número do seu registro no

⁴ O nome mais adequado é distribuição de de Moivre-Laplace-Gauss.

⁵ William Sealy Gosset (1876-1937), químico e estatístico, sendo mais conhecido por Student. Inglês, trabalhou na destilaria Guinness, na Irlanda, cujo dono proibiu que seus funcionários publicassem artigos científicos com o próprio nome. Gosset escolheu o pseudônimo Student e, por esse motivo, conhece-se o que deduziu por distribuição de Student, e não distribuição de Gosset.

Conselho Regional, de modo semelhante a outros profissionais, como médicos, advogados e engenheiros.

A Estatística é obrigatória nos cursos de graduação apenas com o objetivo de fazer o profissional de outras áreas conhecedor da terminologia necessária para conversar com um Estatístico, aquele profissional que, diferentemente dos médicos e dos advogados, perde a sua identidade, tendo em vista a aplicação dos conceitos estatísticos em todos os campos do conhecimento e seu ensino em todos os níveis. Pode ocorrer que os outros profissionais e empresas não considerem relevante contratar um Estatístico para cálculos simples e, às vezes, não tão simples. Deve-se alertá-los de que, se diariamente, esse comportamento é visto como de menor importância, em uma situação judicial terão suas demandas consideradas improcedentes, porque somente análises estatísticas feitas por profissional habilitado têm valor legal. Valerá a pena correr o risco?

Paradoxalmente, mesmo sendo conhecida como sendo uma disciplina difícil, quando de sua aplicação em projetos, esquecem-se do Estatístico legalmente habilitado, com a justificativa de que os cálculos são fáceis.

Pode ser difícil convencer as pessoas de que somente aquele que cursou a graduação em estatística por quatro anos tem melhores condições para analisar estatisticamente um problema como auxílio na tomada de decisões. Vejamos dois exemplos: em caso de doença que muito incomoda a alguma pessoa, ela vai se consultar com um médico formado, ou com alguém que teve a mesma doença e, inclusive, pode passar-lhe o nome do remédio que a curou?

No caso de ser testemunha da morte em público de uma pessoa, alguém pode emitir um documento para o INSS garantindo a morte (e anexando fotos e vídeos) e permitindo aos familiares receberem a pensão? Claro que não, porque somente o médico tem a atribuição legal de constatar o óbito. De modo semelhante, somente o estatístico tem a atribuição legal de fazer análises estatísticas e assinar a documentação correspondente, mesmo que os cálculos sejam óbvios, assim como foi óbvio constatar uma morte em público.

Desse modo, o ensino da Estatística deve incluir a informação da existência do profissional habilitado, bem como os cuidados sobre o seu uso quando da aplicação dos conceitos apresentados, enfatizando que, nos trabalhos profissionais, nos quais se planeja e dirige execução de pesquisas ou levantamentos estatísticos, efetuam-se análises, elaboram-se procedimentos, realizam-se perícias e emitem-se pareceres, é obrigatório um Estatístico devidamente registrado no seu Conselho Regional, e em dia com suas obrigações, para realizar as atividades privativas da profissão, de acordo com a lei.

A Estatística é a ciência da aprendizagem a partir de dados, e seu conhecimento auxilia as pessoas a usarem os métodos adequados para coletar os dados, analisá-los corretamente e apresentar os resultados de tal maneira que sejam entendidos por todos.

A Estatística é parte de um processo pelo qual se decide com base em dados, fazem-se previsões e testam-se hipóteses, essas fundamentais para o avanço da ciência.

Por que consultar um Estatístico de formação? Por ser ele o guia, sem o qual uma pessoa, mesmo tendo os dados corretos, ao navegar por problemas comuns, pode chegar a conclusões incorretas, bem como ele é capaz de avaliar criticamente a qualidade das análises que outras pessoas possam apresentar.

Com os seus testes de hipóteses, os estatísticos facilitam a criação de novos conhecimentos, indo além das fronteiras atuais, evidenciando, numericamente, as suas conclusões.

As estatísticas não são apenas números e fatos, como anúncios na televisão de que 9 entre 10 artistas preferem uma determinada marca de sabonete. É muito mais que isso, elas detêm uma série de conhecimentos e técnicas que permitem analisar os dados de maneira confiável, neste mundo atual em que a divulgação por inúmeros meios, incluindo as redes sociais, chegam como se verdade fossem, com interpretações apresentadas por pessoas com interesses desconhecidos.

O Estatístico auxilia as pessoas a separarem o joio do trigo, oferecendo orientação crítica na produção de análises e de previsões confiáveis. Ao longo do caminho, os estatísticos podem ajudar a evitar uma grande variedade de armadilhas analíticas.

Quando se executam procedimentos estatísticos corretamente, tende-se a produzir resultados com a quantificação das suas incertezas, e as conclusões são o final de um longo processo, que inclui a modelagem do problema, a seleção e a medição das variáveis, a determinação do plano de amostragem, a verificação inicial da validade dos dados e o uso correto dos modelos com os dados obtidos. A qualidade dos resultados depende de toda uma cadeia de eventos, e um único elo fraco pode produzir resultados não confiáveis.

Entre os problemas potenciais e erros analíticos que podem afetar um estudo, pode-se citar:

- a) amostragem tendenciosa: uma amostra planejada incorretamente pode prejudicar as conclusões desde o início, porque deve ser sempre representativa da população, ou seja, deve ter características idênticas a ela. Entretanto, não se deve confundir representatividade da amostra com o seu tamanho. Por exemplo, em uma população em que todos os elementos são aparentemente iguais, o tamanho da amostra pode ser 1, e apenas com uma unidade de observação a amostra é representativa, porque tem as mesmas características da população. Por outro lado, em uma população de 200 pessoas, com 190 homens e 10 mulheres, pode-se retirar uma amostra de tamanho 190 (95% do tamanho da população), mas todos os homens. Nesse caso, a amostra não seria representativa, porque não incluiria nenhuma mulher;
- b) generalização: resultados de uma população podem não se aplicar a outra população, e não é necessariamente claro o que diferencia uma da outra. As inferências estatísticas são sempre limitadas e deve-se especificar essas limitações;
- c) causa e efeito: como você determina quando X causa uma alteração em Y? Os estatísticos precisam de critérios rígidos para assumir a causalidade, enquanto outros aceitam as relações causais mais facilmente. Quando A precede B, e A está correlacionado com B, muitos acreditam equivocadamente que existe uma conexão causal, embora haja apenas a indicação de um relacionamento matemático, mas não se garante que exista relação de causa e efeito;
- d) análise incorreta: estudando-se uma área multivariada com apenas uma variável, ou com um conjunto inadequado de variáveis. Outro caso é encaixar uma relação linear com dados não lineares. Pode-se usar uma ampla quantidade de ferramentas analíticas, mas nem todas elas são corretas para uma situação específica;
- e) violação dos pressupostos de uma análise: os modelos estatísticos têm pressupostos, e alguns podem ser violados. Se um modelo é aplicado em uma situação que não atenda a um desses pressupostos, arrisca-se a produzir resultados enganosos.

Conclusão

Há uma frase, atribuída a Benjamin Disraeli (1804-1881), primeiro-ministro do Reino Unido em duas ocasiões: "Há três espécies de mentiras: mentiras, mentiras deslavadas e estatísticas." Será verdade?

Analistas sem escrúpulos podem usar metodologias incorretas para tirarem as conclusões que desejam. Uma lista de armadilhas pode rapidamente se tornar uma fonte de técnicas para produzir, intencionalmente, análises enganosas. Todavia, como saber?

Se você não está familiarizado com as estatísticas, essas manipulações podem ser difíceis de detectar. O pensamento estatístico é a solução para esse problema. Use-o para se proteger da manipulação e para reagir de maneira mais inteligente e, principalmente, não acredite naqueles que falam mal da Estatística.

Siga o princípio da navalha de Ockham⁶ no que se refere à parcimônia e à elegância dos trabalhos que fizer: "Se em tudo o mais forem idênticas as várias explicações de um fenômeno, a mais simples é a melhor."

A Estatística, com seus modelos que agregam valor, e a Qualidade têm uma contínua história de união, desde Shewhart, com as contribuições mútuas que fornecem a base para a melhoria contínua. Os métodos e os enfoques podem variar, porém os processos de melhoria são acompanhados com o uso de informações quantitativas, todos os sistemas de medições têm variáveis aleatórias, e não se decide com um item único, porém com uma amostra representativa.

A maioria das oportunidades para a melhoria da Qualidade são encontradas nas condições de sistemas, e o uso da Estatística indica o que pode e o que não pode ser esperado dos problemas, a partir do conhecimento teórico e das experiências pessoais, compreendendo os pontos fortes, as oportunidades para melhoria e, principalmente, as limitações dos modelos estatísticos.

A ciência estatística tem um papel importante a desempenhar na melhoria da qualidade por meio do desenvolvimento e do aprimoramento de modelos estatísticos para melhorar continuamente a Qualidade, orientando o planejamento de experimentos e interpretando resultados estatísticos para auxiliar as tomadas de decisão na presença de incertezas.

⁶ Guilherme de Ockham, frade franciscano inglês, c. 1287-1347.