

A utilização de métodos quantitativos no exercício do controle externo

Luiz Henrique Lima

1. INTRODUÇÃO

A utilização de conceitos, técnicas e instrumentos matemáticos e estatísticos é cotidiana na atuação dos órgãos de Controle Externo. Tanto no exame de indicadores econômico-contábeis na apreciação das contas de gestão de uma entidade jurisdicionada, como na definição de sobrepreços em licitações e contratos, são utilizadas probabilidades, médias, medianas, desvios padrão entre outras ferramentas matemáticas e estatísticas. Diversos manuais e publicações são dedicados a técnicas de amostragem para selecionar um conjunto de elementos, dentro de uma população maior, que irão merecer exame mais minucioso das equipes de auditoria.

Menos comum, todavia, é o emprego de métodos quantitativos mais sofisticados e robustos, como a regressão simples e múltipla, a correlação e as séries temporais. Embora nos Estados Unidos, o *General Accounting Office* já tenha produzido publicações dedicadas ao tema,² no Brasil é escassa a bibliografia a respeito. O objetivo dessa tese é recomendar a utilização desses métodos, demonstrando sua utilidade para as atividades específicas do controle externo, bem como a relativa facilidade de sua aplicação a partir de programas computacionais.

Após esta introdução, é feita uma sucinta descrição dos métodos quantitativos. Na seção seguinte, discute-se sua aplicabilidade às ações do controle externo. A seguir, apresenta-se um exemplo de aplicação em trabalho de fiscalização das unidades federais de saúde no Estado do Rio de Janeiro e outro em auditoria de natureza operacional. Finalmente, são feitas considerações acerca das possibilidades de utilização das ferramentas descritas a partir de sistemas informatizados existentes na administração pública e de programas computacionais de uso corriqueiro. Segue-se uma breve conclusão.

2. MÉTODOS QUANTITATIVOS

Os métodos quantitativos mais comumente utilizados pela econometria, bem como pelas ciências exatas e matemáticas e de gerência são: a programação linear, a análise insumo-produto, modelos para planejamento e controle de projetos, como o PERT-CPM, a teoria da decisão, a regressão, a correlação e as séries temporais. Nos limites do presente trabalho, a análise limitar-se-á aos três últimos.

Luiz Henrique Lima é Analista de Controle Externo do Tribunal de Contas da União, lotado na SECEX-RJ.

²v. *Quantitative Data Analysis: An Introduction* (GAO, 1992).

A REGRESSÃO SIMPLES

A regressão é uma técnica que envolve a análise de dados amostrais para obter informações se duas ou mais variáveis são relacionadas e qual a natureza desse relacionamento. É utilizada principalmente com o propósito de previsão.

Consiste em determinar uma função matemática que busca descrever o comportamento de determinada variável dependente com base nos valores de uma ou mais variáveis independentes. Assim, busca-se identificar a equação da reta que melhor se ajusta aos dados observados.

De modo geral, no modelo de regressão linear simples, a relação entre duas variáveis, X e Y , pode ser satisfatoriamente definida pela equação:

$$Y = \alpha + \beta \cdot X, \text{ sendo}$$

Y = variável dependente;

X = variável independente ou explicativa;

α = coeficiente linear ou intercepto da reta; e

β = coeficiente angular ou declividade da reta.

No trabalho desenvolvido a partir de uma amostra da população, iremos obter a equação:

$$Y = a + b \cdot X + U, \text{ sendo}$$

Y = variável dependente;

X = variável independente ou explicativa;

A = estimativa de α ;

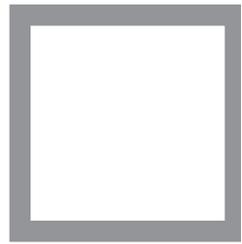
B = estimativa de β ; e

U = erro aleatório na população.

(u) é o resíduo; diferença entre o estimado (ponto na reta de regressão) e o observado. Pode ser interpretado como a soma de duas componentes: erro de mensuração de Y e a variabilidade inerente ou variação independente, incontrolável de outros fatores.

Um exemplo clássico de estudo de regressão tem como variável independente a utilização de fertilizantes e como variável dependente a produtividade do solo (safra do trigo).

O método dos mínimos quadrados é o método mais utilizado para a estimativa dos coeficientes de regressão.



Depois de calculados os coeficientes, deve-se sempre investigar a *validade* e a *significância estatística* dos resultados. Isso porque em geral existem inúmeras outras variáveis externas não consideradas no modelo (que é uma simplificação da realidade) e que influenciam o comportamento de Y . Assim, sempre é preciso verificar se o modelo linear obtido é realmente significativo. Para tanto, devem ser estabelecidos *intervalos de confiança* e efetuados *testes de hipóteses*.

Uma observação relevante é a de que, para efetuar previsões não se deve utilizar valores da variável independente x que extrapolem o intervalo de valores utilizados no modelo de regressão.

A REGRESSÃO MÚLTIPLA

A Regressão Múltipla é uma extensão do modelo de Regressão Linear para n variáveis independentes. É a técnica adequada quando desejamos pesquisar o efeito simultâneo de vários fatores sobre Y , a variável dependente. A regressão múltipla reduz a tendenciosidade que se verificaria no caso de uma regressão simples que não levasse em conta fatores importantes.

Assim, considera-se, a princípio, a existência de uma relação linear entre cada uma das variáveis explicativas e a variável dependente. O Modelo de Regressão Linear Múltipla para k variáveis é expresso pela seguinte equação:

$$Y_i = \alpha_1 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k$$

Onde: α = intercepto de Y ;

β_i = coeficientes angulares.

No trabalho desenvolvido a partir de uma amostra da população, iremos obter a equação:

$$Y_i = A_1 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + \dots + B_k X_k + U$$

Onde: A = estimativas de α ;

B_i = estimativas de β_i ;

U = erro aleatório em Y para a observação i .

Assim, pode-se interpretar o coeficiente B_i como o efeito marginal de X_i sobre Y .

No exemplo citado, a segunda variável independente cuja influência seria investigada sobre a produtividade do solo poderia ser o índice pluviométrico.

REGRESSÃO NÃO-LINEAR

Nesse caso, a variável independente assume formas mais complexas, tais como x^2 , $1/x$, \sqrt{x} , etc.

Agora, o efeito marginal de X não é apenas o coeficiente β .

Mediante transformações, busca-se chegar a uma equação linear, devendo ser verificado se as hipóteses do modelo de regressão linear são satisfeitas. Como exemplo, a equação $y = a.x^b$, pode ser linearizada para:

$$\ln y = \ln a + b.\ln x$$

Contudo, deve-se tomar cuidado porque nesse caso o cálculo do coeficiente a estará expresso em logaritmo, devendo calcular-se o antilogaritmo. Outro cuidado é garantir que as hipóteses do modelo de regressão linear sejam verificadas.

VARIÁVEIS *DUMMIES*

As *variáveis dummies* são variáveis qualitativas artificiais, introduzidas no modelo, com valores binários, para levar em consideração fenômenos como: alterações na política econômica, greves etc. As variáveis qualitativas assinalam a presença ou ausência de um atributo ou evento, assumindo os valores 0 ou 1, sendo 0 o cenário de referência.

Um exemplo clássico é a introdução, no modelo que associa renda nacional e consumo, de uma variável *dummy* para incorporar as variações relativas a períodos de guerra, como 1939-1945.

Assim, $D = 1$, se ($t = 1939 \dots 1945$) e $D = 0$, em caso contrário.

Toda variável *dummy* pode ser incorporada ao modelo sob 3 formas: aditiva, multiplicativa e mista.

Aditiva: Se o evento ocorrer, a alteração ocorrerá somente no intercepto, modificando a .

Multiplicativa: Se o evento ocorrer, a alteração afetará somente a sua declividade, modificando b .

Mista: Nesse caso, ocorrendo o evento, a alteração afetará os valores de a e b .

No exemplo mencionado, a equação ficaria:

$$Y_i = \alpha_1 + \beta_1 X_i + \beta_2 D$$

Quando $D = 0$, a equação retoma sua forma original, pois não há variação a ser considerada.

Verifica-se que a inclusão de D cria um deslocamento na linha da regressão para algumas observações como resultado de algum fator qualitativo. O efeito gráfico é de linhas paralelas, sendo que a que representa $D = 1$ é b unidades maior que a que representa $D = 0$.

Pode-se utilizar mais de uma variável *dummy*.

COVARIÂNCIA E CORRELAÇÃO

A Covariância mede, em termos absolutos, a força do relacionamento entre duas variáveis tomadas em conjunto, mediante a seguinte fórmula:

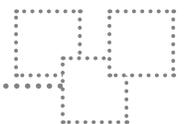
$$\text{Cov}(x,y) = \frac{\sum (x - \bar{x}) \cdot (y - \bar{y})}{n - 1}$$

A Correlação mede a força do relacionamento entre duas variáveis em termos relativos, expressa pelo coeficiente δ . O conceito de correlação não implica causa e efeito de uma variável sobre a outra, mas somente o relacionamento matemático entre elas.

O coeficiente de correlação (r) é obtido pela equação:

$$r = \frac{\text{Cov}(x,y)}{s_x \cdot s_y}, \text{ sendo } s_x \text{ e } s_y \text{ os desvios padrões das variáveis respectivas.}$$

Há uma associação positiva entre as variáveis quando a valores baixos ou altos da variável x correspondem também valores baixos ou altos da variável y , respectivamente. Na hipótese inversa, a associação é negativa. Assim, o valor de (-1) corresponde à correlação negativa perfeita e o valor de (+1) à correlação positiva perfeita.



ALGUMAS DIFERENÇAS ENTRE CORRELAÇÃO E REGRESSÃO

Na regressão há uma assimetria na forma como são tratadas as variáveis dependente e independente; o que não ocorre na correlação. Na regressão supõe-se que as variáveis independentes tenham valores fixados e na correlação todas as variáveis são aleatórias. Em geral, a regressão responde a um conjunto mais amplo de questões.

SÉRIES TEMPORAIS

Uma série temporal é um conjunto de observações seqüenciais de determinada variável, expressas numericamente, obtidas em períodos regulares de tempo.

A análise das séries temporais consiste em uma descrição, geralmente matemática, dos movimentos componentes que se apresentam. Tais modelos envolvem projeções baseadas, exclusivamente, nas observações do passado da variável que se deseja estudar. A premissa é de que os fatores que influenciaram o comportamento dos dados no passado continuarão influenciando seus movimentos futuros.

Mesmo quando as ST são formadas por observações obtidas continuamente, em determinado intervalo de tempo, devem ser transformadas em ST discretas, de forma que as observações sejam dispostas em pontos regulares no tempo.

Nos gráficos ilustrativos das ST, o tempo é representado no eixo x das abscissas, por meio de valores discretos seqüenciados, reservando-se o eixo y das ordenadas para os valores da variável de interesse.

As técnicas de regressão não se aplicam automaticamente às ST devido ao efeito de correlação entre as observações.

Supõe-se que a variável Y é uma combinação das variáveis T , C , S e I , que produzem, respectivamente, os movimentos de tendência, cíclicos, sazonais e irregulares.

A *Tendência* é o movimento de direção geral que cobre um longo período de tempo. Pode ser linear ou curvilínea (exponencial, polinomial etc.).

As *Variações Cíclicas* consistem em variações que apresentam movimentos regulares em torno da reta ou da curva de tendência e referem-se às oscilações a longo prazo (maiores que um ano). Como exemplo, a venda de televisores a cada Copa do Mundo (4 anos).

As *Variações Sazonais* são variações cíclicas de curto prazo (inferiores a um ano) e referem-se a movimentos de padrões regulares ou repetidos em torno da linha de tendência (vendas de brinquedos ou de bronzeadores durante o ano).

As *Variações Irregulares* são os deslocamentos esporádicos das ST e decorrem, normalmente, de causas naturais ou sociais provocadas por eventos imprevisíveis e não periódicos, como enchentes, greves etc.

DECOMPOSIÇÃO E PREVISÃO POR MEIO DE REGRESSÃO

A decomposição da série temporal em seus movimentos componentes básicos é utilizada para a compreensão de seu movimento e para a predição de seus valores futuros, tanto a longo prazo como a curto prazo.

São dois os modelos utilizados para a decomposição de uma ST: o aditivo e o multiplicativo.

No aditivo, a ST é considerada como resultante da soma de seus componentes.

$$Y = T + C + S + I$$

Nesse modelo, C , S e I não apresentam aumento ou diminuição sistemática quando varia a quantidade de elementos que compõem a ST.

Quando isso ocorre, o modelo mais adequado é o multiplicativo:

$$Y = T \times C \times S \times I$$

As ST são consideradas *estacionárias* quando o movimento de tendência não é significativo ao longo do tempo, isto é, suas média e variância são constantes ao longo do tempo. Caso contrário, são ditas *não-estacionárias*.

Para tratar de séries estacionárias, utilizam-se os modelos de médias móveis e suavização (ou alisamento) exponencial.

Existem testes específicos para verificar a estacionariedade das ST.

3. APLICABILIDADE AO CONTROLE EXTERNO

São inúmeras as possibilidades de aplicação dos métodos quantitativos à atuação do controle externo, tanto nas atividades de fiscalização como no exame de processos de contas.

Destaca-se a possibilidade de sua utilização em trabalhos de fiscalização de maior amplitude, tais como:

- a avaliação de programas e políticas públicas;
- a apreciação das Contas de Governo;
- o exame do cumprimento das metas setoriais constantes dos Planos Plurianuais, Leis de Diretrizes Orçamentárias e Leis de Orçamento Anual; e
- a análise da efetividade da gestão pública mediante a utilização de Indicadores de Desempenho.

As Séries Temporais podem ser de extrema utilidade no acompanhamento da evolução de despesas, receitas ou de indicadores ao longo de um exercício ou período de estudo.

Por sua vez, a Correlação e a Regressão podem propiciar análises preciosas nos mais diversos campos de atuação das políticas públicas, facilitando a compreensão do relacionamento entre recursos aplicados e resultados efetivos alcançados.

Assim, a título de exemplo:

- na área da saúde:
 - cobertura vacinal vs. índices de mortalidade/morbididade;
 - leitos disponíveis vs. internações/cirurgias.

- na área da educação:
 - remuneração do corpo docente vs. índices de escolaridade/ aproveitamento escolar;
 - carga horária ministrada vs. índices de aproveitamento escolar;
 - salas de aula disponíveis vs. índices de escolaridade.
- na área da segurança:
 - efetivo policial vs. índices de criminalidade;
 - licenças para porte de armas vs. homicídios culposos.
- na área do meio ambiente:
 - níveis de poluição vs. índices de mortalidade / morbidade;
 - multas e sanções aplicadas vs. índices de degradação ambiental;
 - recursos aplicados vs. índices de qualidade ambiental.
- na área econômica:
 - taxas básicas de juros vs. índices de inflação;
 - taxas básicas de juros vs. evolução da dívida pública;
 - taxas de investimentos vs. nível de emprego.

Naturalmente, os métodos quantitativos são instrumentos de apoio, cuja utilidade será efetivada em função da qualidade da análise, que muito dependerá da experiência, do bom senso e do rigor científico do técnico responsável.

4. EXEMPLOS DE UTILIZAÇÃO

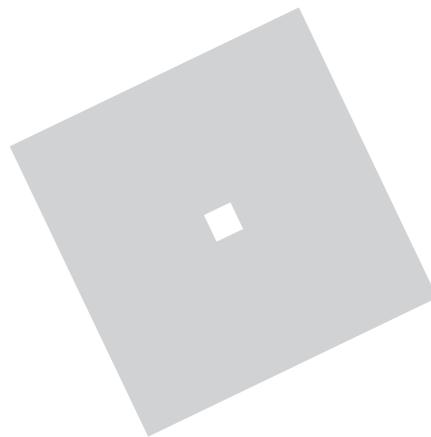
Um exemplo da utilização de técnicas com métodos quantitativos é o Relatório de Levantamento de Auditoria com o objetivo de aferir a regularidade dos preços praticados pelas unidades federais de saúde existentes no Rio de Janeiro quanto a serviços de duração continuada e que resultou no Acórdão nº 441/2004 - TCU - 2ª Câmara (Ata nº 10/2004 - 2ª Câmara, de 25/03/2004).

O trabalho envolveu o levantamento de grande base de dados relativa às despesas mensais nos exercícios de 2001/2002 com serviços de duração continuada de 5 unidades federais da área de saúde sediadas no Estado do Rio de Janeiro: o Instituto Nacional do Câncer (INCA), o Hospital dos Servidores do Estado - RJ (HSE), o Hospital Geral de Bonsucesso (HGB), o Instituto Nacional de Cardiologia Laranjeiras (INCL) e o Instituto Nacional de Traumatologia-Ortopedia (INTO). Foram considerados os serviços de fornecimento de alimentação preparada ou de preparo de refeições *in loco*; lavanderia; fornecimento de gases hospitalares; vigilância (segurança); manutenção predial; conservação e limpeza; engenharia clínica; transporte de pacientes; e prestação de apoio administrativo.

O exame do grande volume dos dados obtidos evidenciou a dificuldade de estabelecer comparações lineares entre os quantitativos despendidos pelas diversas unidades para aqueles serviços. De fato, há significativas diferenças de escala e de especificações entre os contratos para a mesma espécie de serviços. Outra possível fonte de distorções em comparações desse tipo é a diferença entre as datas dos contratos, reajustes e aditivos; bem como a dificuldade de adoção de um índice de correção específico.

A análise optou por enfatizar o peso relativo de cada tipo de despesa na execução financeira efetiva de cada unidade hospitalar. Para tanto, considerou-se a liquidação da despesa mediante pagamento de Ordens Bancárias (OBs) registradas no SIAFI. Como os orçamentos totais (OT) são bastante influenciados pelas despesas com pessoal e possivelmente afetados pela realização de investimentos, buscou-se conceituar orçamento líquido (OL), para os fins daquele trabalho, como as despesas executadas relativas ao Grupo de Despesa 3 - Outras Despesas Correntes.

Foram calculados os pesos relativos das despesas com cada tipo de serviço em cada unidade e realizada a comparação entre elas, bem como examinada a evolução de cada uma nos dois exercícios.



O acompanhamento mês a mês da execução de certos contratos, melhor visualizado com a utilização de gráficos, pode evidenciar a ocorrência de situações anômalas, como reajustes extemporâneos e quantidades medidas em valores discrepantes das séries históricas.

Foram feitas análises do comportamento de variáveis como quantidade de leitos ocupados e volume (peso) de material encaminhado à lavanderia.

Finalmente, a comparação do peso de cada tipo de despesa em relação ao orçamento líquido propiciou a detecção de distorções existentes em alguns contratos, ensejando a adoção de medidas corretivas pelo Tribunal de Contas da União.

Desse modo, foram utilizadas, ainda que não explicitamente, técnicas de Séries Temporais, Correlação e Regressão.

O referido Relatório foi considerado pelo Ministro-Relator, Lincoln Magalhães da Rocha, como uma

proposta de trabalho de acompanhamento, profunda e inovadora, [...] que, fazendo excelente uso das ferramentas SIAFI e SIAFI Gerencial, traz a possibilidade de um controle mais tempestivo das unidades federais de saúde situadas no Rio de Janeiro, com gráficos e planilhas de acompanhamento dos serviços de duração continuada.

Outro exemplo pode ser encontrado no Relatório de Auditoria de Natureza Operacional destinada a avaliar se os critérios legais estabelecidos na implantação da tarifa social de energia elétrica estavam, de fato, beneficiando as famílias de baixa renda (TC 014.698/2002-7). O trabalho testou a hipótese, subjacente aos critérios fixados pela Lei n.º 10.438/2002 para enquadramento de consumidores residenciais na subclasse baixa renda, de que o consumo domiciliar de energia elétrica seja positivamente correlacionado com renda per capita domiciliar. Para tanto, utilizou-se um modelo de regressão linear, tendo como variável dependente o consumo domiciliar de energia elétrica e como variável explicativa a renda domiciliar per capita, concluindo pela ausência de correlação estatisticamente significativa entre as variáveis consumo de energia e renda *per capita*, tendo o TCU recomendado ao Ministério das Minas e Energia

utilizar critérios adicionais que reduzam as potenciais características da aplicação dos critérios da Lei n.º 10.438/2002, em termos de ineficiência no uso de recursos e ineficácia em promover a equidade, ou mesmo de remodelar os mecanismos previstos para conseguir beneficiar efetivamente os domicílios de baixa renda (Acórdão n.º 344/2003 - Plenário).

5. MÉTODOS QUANTITATIVOS E PROGRAMAS COMPUTACIONAIS

A utilização dos métodos quantitativos descritos envolve a coleta, armazenamento e processamento de grande volume de dados, numéricos ou não, importando na realização de seqüências de cálculos com emprego de fórmulas complexas, geração de gráficos e relatórios entre outros.

Felizmente, tais tarefas são bastante facilitadas pela disponibilidade do emprego de sistemas computacionais em operação na administração pública, bem como por aplicativos de uso corriqueiro nas instituições de controle, tais como o Microsoft Excel, o *Statistical Package for Social Sciences* - SPSS, o ACL, o *OpenOffice.org Calc* e outros.

No que concerne à coleta de dados, a administração pública dispõe dos sistemas SIAFI, SIAPE e SIAFEM. O sistema SIAFI GERENCIAL permite a elaboração de alguns relatórios, bem como a exportação dos dados para o Microsoft Excel.

"..., recomenda-se uma maior utilização dos métodos quantitativos na atuação do controle externo,..."

Com respeito ao tratamento dos dados, uma vez elaborada a planilha de trabalho o Microsoft Excel dispõe no menu Ferramentas da entrada Análise de Dados. Nela, se podem selecionar as caixas de diálogo Regressão, Covariância, Correlação, Média Móvel, Ajuste Exponencial, entre outras técnicas úteis, como os testes F, T e Z, a ANOVA, etc.

Uma vez iniciada a Regressão, basta selecionar os intervalos apropriados para as variáveis X e Y desejadas, bem como estabelecer as especificações para nível de confiança, resíduos, ajuste de linha e plotagem de probabilidade normal que o aplicativo gera os relatórios de análise, incluindo os coeficientes α e β , o erro-padrão e outros elementos.

De igual modo, podem ser testadas as principais condições e a validade do modelo de regressão, como a normalidade, a homocedasticidade e a autocorrelação residual. No caso da regressão múltipla, é possível verificar a ocorrência de multicolinearidade.

Para Séries Temporais, a utilização desses aplicativos é bastante útil a começar pela análise gráfica, mas também para o cálculo das médias móveis e do desvio móvel quadrado. Nesse caso, utiliza-se a entrada Solver do menu Ferramentas do Microsoft Excel.

6. CONCLUSÃO

Ante o exposto, recomenda-se uma maior utilização dos métodos quantitativos na atuação do controle externo, de modo a aproveitar-se o expressivo potencial de informações e evidências por eles proporcionados, promovendo-se, também, a necessária capacitação dos servidores.

BIBLIOGRAFIA

- BRASIL. Tribunal de Contas da União. Plenário. ATA nº 12. Brasília: TCU, 2003. Disponível em: <<http://contas.tcu.gov.br/portaltextual/PesquisaFormulario>>. Acesso em: 28 abr. 2006.
- _____. _____. 2ª Câmara. ATA nº 10. Brasília: TCU, 2004. Disponível em: <<http://contas.tcu.gov.br/portaltextual/PesquisaFormulario>>. Acesso em: 28 abr. 2006.
- _____. _____. Técnicas de amostragem para auditorias. Brasília: Adfis/Segecex. 2002. Disponível em: <<http://www.tcu.gov.br/Download/Relatorios/Tec.Amostragem.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2006.
- CHIANG, A. Matemática para economistas. São Paulo: Editora da USP, Editora McGraw-Hill, 1982.
- CORRAR, L. J., THEÓPHILO, C.R. (Orgs.). Pesquisa operacional para decisão em contabilidade e administração: contabilometria. São Paulo: Atlas, 2004.
- GENERAL ACCOUNTING OFFICE (Estados Unidos). Quantitative data analysis: an introduction. Washington: GAO, 1992.
- GUJARATI, D.N. Econometria básica, 3. ed.. São Paulo: Makron Books, 2000.
- INTERNATIONAL ORGANISATION OF SUPREME AUDIT INSTITUTIONS. Accounting standards framework implementation guide for SAIs: management discussion and analysis of financial, performance and other information. Vienna: INTOSAI, 2001. 47 p. Disponível em: <http://www.intosai.org/Level2/2_MDA_IE.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2006.
- LIMA, Luiz Henrique. Controle do patrimônio ambiental brasileiro: a contabilidade como condição para o desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: Editora da UERJ, 2001.
- _____. O TCU e a gestão ambiental brasileira: experiência recente. In: CONGRESSO ACADÊMICO SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO DO RIO DE JANEIRO, 1., 2004, Rio de Janeiro. Anais eletrônicos... Rio de Janeiro: Cadma, 2004. 1 CD-ROM.
- WONNACOTT, T.H.; WONNACOTT, R.J. Introductory statistics for business & economics, 4.ed. New York: John Wiley Professional, 1990.