

OS TESTES DE HIPÓTESES DA ESTATÍSTICA NO PLANO DE SALÁRIOS E NO CONTROLE DE QUALIDADE DAS EMPRESAS

THE STATISTICAL HYPOTHESIS TESTING IN THE WAGE PLANNING AND THE QUALITY CONTROL IN THE COMPANIES.

Carlos Alberto Stechhahn da Silva ¹

Recebido em: 22/11/2020. Disponibilizado em: 05/12/2020

RESUMO

Neste trabalho serão aplicadas as técnicas da Estatística Inferencial em duas situações particulares, quais sejam, no plano de salários de uma empresa fictícia e na instalação de um novo sistema de injeção destinado a aumentar o desempenho de veículos SUV's. Particularmente, veremos aqui situações usuais dos testes de hipóteses executados nos trabalhos internos das empresas em geral. Inicialmente, usando pesquisa de mercado, poderemos avaliar se o salário médio dos contadores de uma determinada empresa é menor que a média salarial destes profissionais no Brasil. Uma outra aplicação do teste de hipóteses será dedicada ao estudo do consumo de combustível em veículos SUV's. Verificaremos se a instalação de um novo sistema de injeção realmente é melhor que o sistema anteriormente usado. O uso do EXCEL é aqui empregado no cálculo do Z_{teste} , valor-p entre outros parâmetros. Dessa forma, neste estudo, os dois tipos de testes de hipótese unicaudais serão aqui empregados no sentido de se determinar se uma dada hipótese deve ou não ser aceita ou rejeitada.

Palavras chave: Estatística Inferencial, plano de salários, pesquisa de desempenho, consumo de combustível, testes de hipóteses, Z_{teste} , valor-p, teste unicaudal.

ABSTRACT

This work will apply the techniques of inferential statistics in two particular situations, namely, the salaries of a fictitious company and in the installation of a new injection system designed to increase performance of SUV vehicles 's. Particularly, we see here the usual situations of hypothesis testing run on the inner workings of companies in general. Initially, using market research, we can assess if the average salary of the counters for a particular company is less than the average salary of these professionals in Brazil. Another application of the hypothesis test will be devoted to the study of fuel consumption in vehicles SUV's. We will check if the installation of a new injection system really is better than the previously used system. The use of EXCEL is here employed in calculation of Z_{teste} , p-value among other parameters. Thus, in this study, the two types of One-Tailed Test will be used both to determine whether a given hypothesis should be accepted or rejected.

Keywords: Inferential statistics, wage planning, performance evaluation, fuel consumption, hypothesis testing, Z -test, p -value, One-Tailed Test.

¹ Universidade de São Paulo (USP), Faculdades Integradas Campos Salles

1. INTRODUÇÃO

A Estatística Descritiva trata do estudo e análise de dados, por meio de gráficos, histogramas, tabelas ou resumos estatísticos, obtidos de uma determinada amostra ou população. Nesse contexto, lidar com cálculos de média, mediana, desvio padrão e de probabilidade, em geral, implicam na necessidade do manuseio de calculadoras científicas e gráficas, HP 12C, EXCEL ou mesmo uma linguagem de programação. Num outro ramo, a Estatística Inferencial se depara com Intervalos de confiança e os Testes de Hipóteses. O primeiro, usa de recursos como a estimativa intervalar, para se determinar um intervalo, ou faixa de valores, que contenha um determinado parâmetro populacional de interesse. Em geral, não temos uma informação sobre um dado parâmetro populacional, nesse caso, a partir de dados amostrais é possível se inferir sobre um dado parâmetro populacional com um nível de confiança nesta tarefa. Usualmente o nível de confiança empregado é de 95%. O segundo, os Testes de Hipóteses, também podem testar afirmações sobre um parâmetro populacional. Neste trabalho estaremos envolvidos com a teoria dos testes de hipóteses para a média populacional, embora tais estudos também podem ser aplicados para a proporção populacional. Maiores detalhes sobre esta última condição podem ser encontrados em (SWEENEY, 2015). Tais testes se aplicam, por exemplo, em áreas como a medicina, educação, ciência básica e campo dos negócios, bem como, nos trabalhos do dia a dia de uma empresa. Uma introdução às técnicas de amostragem, estimação e aos testes de hipóteses pode ser encontrada em (MARTINS, 2009). Com esta ferramenta as empresas e o governo podem selecionar candidatos em concursos com um determinado perfil, estimar o tempo médio que os candidatos levam para realizar a prova em um dado concurso ou o tempo de espera numa fila de banco, ou ainda a altura média de pessoas em provas militares, entre outras aplicações. Como podemos perceber, é imenso o campo de aplicação deste tipo de teste estatístico (LARSON;FARBER, 2010).

Neste trabalho estamos particularmente interessados em estudar aplicações dos testes de hipóteses em estatística aplicados a um plano de salários (*PS*) e no controle de qualidade (*CQ*) do rendimento de veículos SUV's no que tange ao seu consumo em quilômetros por litro de gasolina. Estaremos, particularmente, envolvidos em formular hipóteses de teste aplicadas ao estudo de salários de contadores no Brasil (FERREIRA; ANGONESE, 2015) e no estudo do consumo de gasolina para os veículos SUV's. Dessa forma, no caso de uma empresa automobilística, usando a distribuição normal, podemos verificar se o consumo médio, após a instalação de um novo sistema de injeção, supera o anteriormente adotado.

O uso do EXCEL será aqui empregado para a obtenção de parâmetros como o Z_{teste} , valor-*p*, e valor-*p* exato da tabela de distribuição *t*, entre outros. Tais cálculos nos permitirão chegar as devidas conclusões para os testes de hipóteses apropriados.

Embora o conhecimento e os passos iniciais sobre a teoria envolvendo Testes de Hipóteses são aqui assumidos, são apresentadas as tabelas no corpo do artigo para aqueles que estão em sua primeira leitura.

Conhecimentos básicos do Excel são também aqui admitidos (SÁ, 2015). É feito aqui ainda o passo a passo no Excel para obtenção de alguns parâmetros de interesse.

2. TESTANDO HIPÓTESES

A inferência estatística por meio das distribuições amostrais e a estimação intervalar nos conduzem aos testes de hipóteses.

Quando testamos hipóteses sugerimos uma hipótese inicial sobre um dado parâmetro da população, particularmente aqui trabalharemos com a média da população μ e a média amostral \bar{x} . Chamaremos tal hipótese inicial de hipótese nula e será denotada por H_0 . Paralelamente, temos que definir uma outra hipótese, a chamada hipótese alternativa, H_a , um complemento de H_0 . Uma é conflitante ou antagônica à outra.

2. 1 O salário médio do profissional de ciências contábeis e H_a como uma hipótese de pesquisa

O piso salarial de um profissional de Ciências Contábeis não é fixo; ele varia de acordo com a região do Brasil, o perfil da empresa entre outros fatores. No entanto, em face da convenção e acordos coletivos da categoria em nosso país ele se encontra na faixa entre R\$ 3.250,00 e R\$ 7.713,00. Para esta faixa, portanto, vamos fixar, para nossos estudos, uma média para a população de R\$ 5.480,00. Maiores informações sobre as faixas salariais pagas pelo setor contábil, bem como sobre as principais tendências para o cenário desta profissão podem ser encontradas em (NIBO, 2017).

Cientes que a satisfação do funcionário tem relação direta com a qualidade dos serviços prestados, os gestores buscam um melhor entendimento da relação entre o salário médio de seus colaboradores com os do mercado em geral de nosso país.

Um funcionário do setor de Recursos Humanos da empresa fictícia *FICT Assessoria Contábil* ficou de realizar esse estudo coletando dados para a pesquisa salarial. Este trabalho irá servir de base para a política salarial que a empresa virá a adotar, bem como, manter seu equilíbrio interno.

Examinou vinte filiais com os devidos critérios de porte, região, estrutura interna entre outros.

Alguns especialistas indicam que a pesquisa, para ser mais precisa, deve envolver entre 12 a 25 setores ou empresas. Dessa forma, amostras de 50 salários de seus profissionais da contabilidade (bacharéis) foram coletadas e o resultado mostrou uma média amostral de R\$ 5.119,00 com desvio padrão populacional igual a R\$ 936,00. O teste de hipóteses, portanto, a ser formulado é se os dados amostrais apoiam a conclusão de que a média salarial é menor que a média populacional dos salários desses profissionais no Brasil. Ou seja, temos as seguintes condições para a hipótese nula e alternativa:

$$H_0: \mu \geq 5.480$$

$$H_a: \mu < 5.480$$

A compreensão correta dessa afirmação é de que os salários pagos pela empresa são no mínimo R\$ 5.480,00. Desse modo, o teste de hipóteses para o salário médio populacional na empresa tem como hipótese nula $\mu \geq 5.480$. Se os resultados amostrais concluírem que devemos rejeitar H_0 podemos concluir que a hipótese alternativa é verdadeira. O funcionário do RH, o qual especificará o nível de significância, terá a tarefa de levar uma proposta de aumento salarial para a categoria. Com

essa inferência estatística a empresa terá condições de manter um equilíbrio salarial interno. Veremos aqui as diferentes possibilidades para $\alpha = 0,01$ e $\alpha = 0,05$.

2. 2 Estatística de teste para testes de hipóteses de uma média populacional com σ conhecido

Os testes realizados pela empresa *FICT* mostram que o desvio padrão ($\sigma = R\$ 936,00$) é assumido conhecido e a distribuição dos salários tem uma distribuição normal. Dessa forma, o mesmo ocorrerá para a distribuição amostral de \bar{x} , a média amostral. Os dados da empresa estão apresentados a seguir.

Figura 1 – Dados de entrada para o cálculo do valor do Z -teste e do valor- p .

DADOS		TAMANHO DA AMOSTRA	
μ	5480	n	50
\bar{X}	5119		
σ	936		
\sqrt{n}	7,07107		
Z_{teste}	-2,73		
		valor - p	0,0032

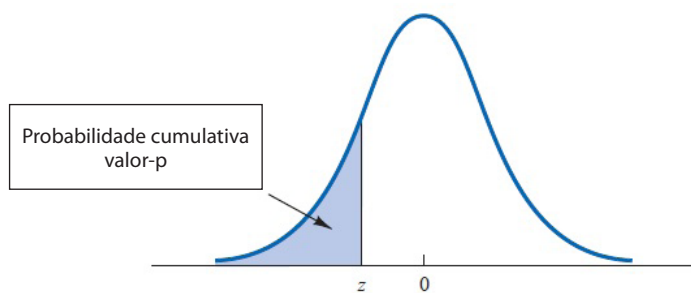
Fonte: O autor.

O valor do Z -teste foi obtido por meio da expressão

$$Z_{teste} = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}}$$

e o valor- p pode ser encontrado da área sob o gráfico da gaussiana (distribuição normal) para x no intervalo $] -\infty, -2,73]$ ou da tabela- Z a seguir.

Tabela 7 - Valor-*p* para $z = -2,73$.



<i>z</i>	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
-3.0	.0013	.0013	.0013	.0012	.0012	.0011	.0011	.0011	.0010	.0010
-2.9	.0019	.0018	.0018	.0017	.0016	.0016	.0015	.0015	.0014	.0014
-2.8	.0026	.0025	.0024	.0023	.0023	.0022	.0021	.0021	.0020	.0019
-2.7	.0035	.0034	.0033	.0032	.0031	.0030	.0029	.0028	.0027	.0026
-2.6	.0047	.0045	.0044	.0043	.0041	.0040	.0039	.0038	.0037	.0036
-2.5	.0062	.0060	.0059	.0057	.0055	.0054	.0052	.0051	.0049	.0048

Fonte: SWEENEY, D. J. et. al. (2014).

2. 3 Critério do Valor-*p* e do Valor crítico para o teste unicaudal à esquerda

O nível de significância α fornece a probabilidade de cometermos um erro do Tipo I quando a hipótese nula H_0 é verdadeira como uma igualdade. Neste trabalho vamos empregar os níveis de significância $\alpha = 0,01$ e $\alpha = 0,05$.

2. 3. 1 Critério do Valor-*p* e o nível de significância

Vimos na seção anterior que para os dados de salário médio da população, desvio padrão entre outros parâmetros, o valor do *Z*-teste obtido corresponde ao valor-*p* de 0,0032. Este, por sua vez, corresponde a uma probabilidade que nos dá uma medida de evidência contra a hipótese nula fornecida pela amostra realizada. Sendo o valor-*p* obtido menor que qualquer dos dois níveis de significância adotados, i.e.,

$$0,0032 \leq 0,01 \text{ e } 0,0032 \leq 0,05$$

temos que o valor-*p* levou a uma rejeição da hipótese nula. A regra de rejeição nos diz que para ambos os níveis de significância o valor-*p* obtido de 0,0032 implica na rejeição de H_0 para qualquer valor de $\alpha \geq 0,0038$. Este é o nível observado de significância.

2. 3. 2 Critério do Valor crítico ($\alpha = 0,01$ e $\alpha = 0,05$)

Neste tipo de critério iniciamos obtendo o valor do Z_{critico} para um determinado nível de significância α . De acordo com a tabela de probabilidade normal padrão, para σ conhecido, o valor crítico que corresponde à área $\alpha = 0,01$ na cauda inferior da distribuição padrão normal é

$$Z_{\text{critico}} = -2,33$$

O resultado da pesquisa da empresa *FICT* tem a regra de rejeição ($\alpha = 0,01$) pelo critério do valor crítico

$$\text{Rejeitar } H_0 \text{ se } Z_{\text{teste}} \leq -2,33$$

Assim, para os valores descritos na Tabela 1 obteve-se $Z_{\text{teste}} < Z_{\text{critico}}$

$$-2,73 < -2,33$$

ou seja, rejeitamos H_0 e é possível concluir que os dados amostrais apoiam a conclusão o salário médio amostral da empresa H_a *FICT* é menor do que o da média nacional. Estamos, portanto, aceitando a hipótese alternativa, H_a .

Para o nível de significância $\alpha = 0,05$ temos que o valor do $Z_{\text{critico}} = -1,645$.

Sendo o valor da estatística teste ($Z_{\text{teste}} = -2,73$) menor que o valor crítico devemos novamente rejeitar a hipótese nula H_0 .

Ambos os critérios aqui utilizados permitem-nos concluir que os salários dos contadores, de média amostral R\$ 5.119,00 são menores que a média populacional R\$ 5.480,00 para ambos os níveis de significância 0,01 e 0,05.

3. O CONSUMO DE COMBUSTÍVEL EM VEÍCULOS SUV'S

A cada ano cresce o interesse das pessoas pelos utilitários SUV (*Sport Utility Vehicle*). Tal procura é constatada tanto no mercado brasileiro como no exterior (QUATRO RODAS, 2019).

Nas grandes cidades são constantes os alagamentos o que justifica a compra de um veículo SUV. Outros fatores positivos são o espaço e o conforto. No entanto, há que se levar em consideração o preço, bem como, para quem viaja muito, o consumo. Dessa forma, estes são os fatores mais importantes a serem verificados na hora de comprar um veículo deste tipo. Se o condutor viajar com um veículo SUV na faixa dos 100 km/h estará fazendo uma grande economia.

Supondo que uma empresa revendedora de veículos SUV deseja instalar um novo sistema de injeção e constatar que terá um rendimento de consumo (em km/ℓ) maior que os produzidos por seus veículos até então. Assim, temos como hipótese nula que a média de consumo (com gasolina) de um certo modelo chega a alcançar até 9,7 km/ℓ na estrada. Aceitaremos essa informação como

uma hipótese nula, H_0 . Como a empresa deseja constatar se H_0 está incorreta, ou seja, o veículo pode rodar mais de 9,7 quilômetros com um litro de gasolina, teremos o seguinte par de hipóteses:

$$H_0: \mu \leq 9,7$$

$$H_a: \mu > 9,7$$

Os cálculos a seguir irão definir a possibilidade de se rejeitar uma ou outra hipótese acima adotada.

3. 1 Estatística de teste para testes de hipóteses de uma média populacional com σ desconhecido

Dessa forma, uma amostra aleatória em 60 veículos levou a constatação de que os mesmos apresentam uma média amostral de 10 km/ℓ com desvio padrão amostral de 2 km/ℓ.

Supondo que o consumo de tais veículos estejam normalmente distribuídos, vamos aplicar o teste de hipótese para σ desconhecido a um nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$).

Sendo o desvio padrão populacional σ desconhecido vamos recorrer ao procedimento de se coletar amostras para obtermos uma estimativa tanto da média populacional μ quanto do próprio σ . Teremos, assim, em \bar{x} a média amostral como uma estimativa de μ e o desvio padrão amostral s como uma estimativa de σ .

A diferença entre os testes de hipóteses é bem notória. Vimos que, quando σ é conhecido, temos a distribuição normal padrão e o uso da Tabela-1 para o cálculo do valor- p . No entanto, quando σ é desconhecido, a distribuição amostral da estatística de teste se utiliza da distribuição t com $n - 1$ graus de liberdade. Esta tem uma variabilidade (área) maior porque a amostra é utilizada para ambas as estimativas de μ e σ .

A distribuição amostral de t possui o número de graus de liberdade $n - 1 = 59$ e o valor da estatística de teste é $t = 1,16$ conforme ilustrado na Figura 2, a seguir.

Figura 2 – Dados de entrada para o cálculo do valor da estatística de teste t .

DADOS		TAMANHO DA AMOSTRA	
μ	9,7	n	60
\bar{X}	10		
s	2		
\sqrt{n}	7,745967		
t	1,16		
$n - 1$	59		

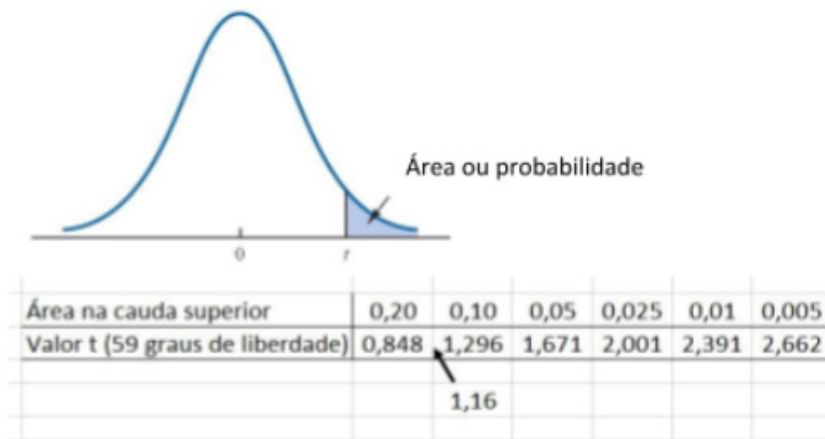
Fonte: O autor.

O valor estatística de teste t foi obtido por meio da expressão

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{s/\sqrt{n}}$$

e o valor- p pode ser encontrado da área sob o gráfico da gaussiana (distribuição normal) para x no intervalo $[9,7, +\infty[$ ou da tabela a seguir.

Tabela 8 – Distribuição- t .



Fonte: O autor.

Podemos observar que $t = 1,16$ está entre **0,848** e **1,296**.

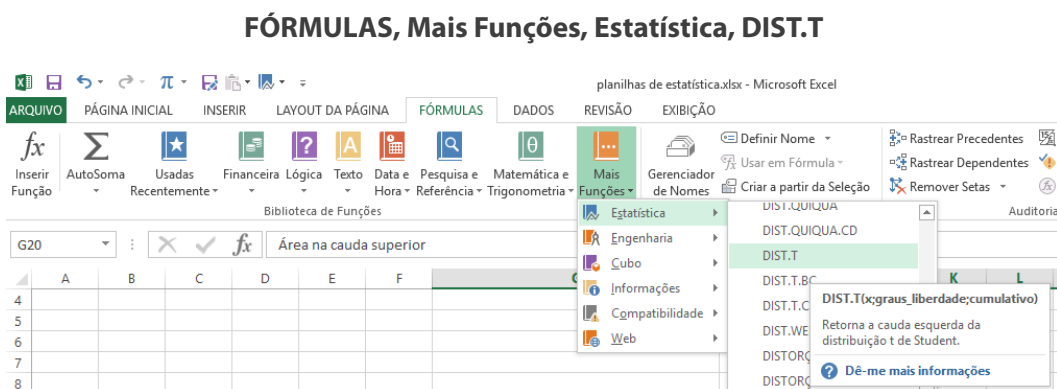
Veremos, a seguir, como obter o valor- p na cauda superior com o uso do Excel.

3. 2 Uso do Excel no teste unicaudal

Conforme vimos, a tabela não fornece o valor- p exato. Os valores indicados na 1ª. linha da Tabela 2 acima (Área na cauda superior) mostram que $0,20 \leq \text{valor-}p \leq 0,10$. Assim, sendo o nível de significância $\alpha = 0,05$, a conclusão do Teste de Hipóteses é que a hipótese nula não pode ser rejeitada, pois, o valor- p não é menor ou igual a α .

Tendo em vista que, a tabela t não nos permite, para os dados acima apresentados, calcular valores- p (obtemos com a tabela somente valores aproximados) vamos mostrar a seguir, passo a passo, como calcular o valor- p usando o Excel.

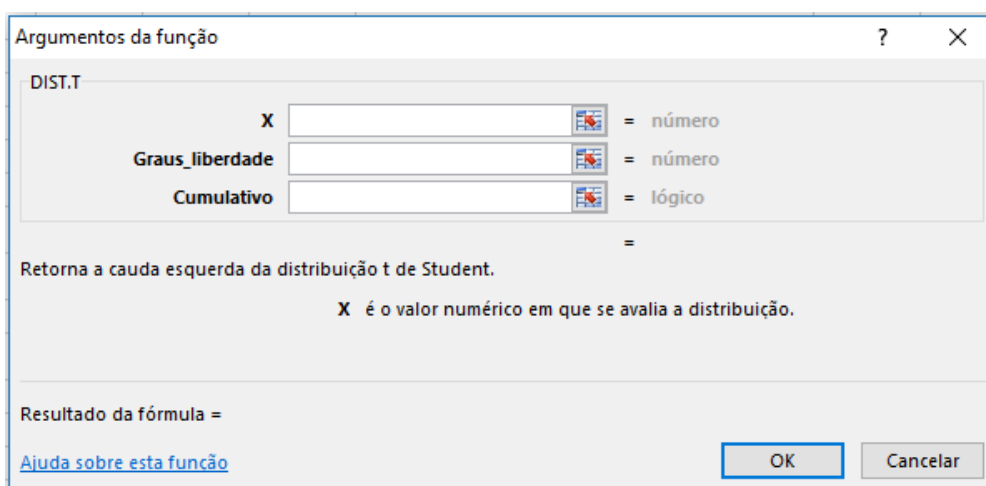
Figura 3 – O valor-*p* exato calculado via Excel – Usar as abas em sequência:



Fonte: O autor.

Ao clicarmos nas abas, em sequência, FÓRMULAS, Mais Funções, Estatística e DIST.T surgirá na tela:

Figura 4 – Argumentos da função



Fonte: O autor.

Nesta tela, Argumentos da função, devemos inserir o resultado do valor $t = 1,16$, o número de graus de liberdade, **59**, e na caixa Cumulativo digitamos a palavra VERDADEIRO. Ao clicarmos em OK o Excel fornecerá o valor de $(1 - \text{valor-}p \text{ exato})$. Em nosso caso o resultado fornecido pelo Excel é **0,8746**.

Calculando a diferença $1 - 0,8746$, temos que o valor-*p* será **0,1254** na causa superior. Sendo $0,1254 > 0,05$ a conclusão do Teste de Hipóteses é que não temos elementos para rejeitar a Hipótese nula.

A média de consumo destes veículos chega a alcançar até $9,7 \text{ km/l}$ na estrada e a hipótese alternativa deve ser rejeitada.

Portanto, não há evidência de que a média (em km/l) é maior que $9,7$ para os parâmetros de veículos SUV's acima apresentados.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho são estudadas duas aplicações deste importante tema da Estatística, o teste de hipóteses. Tomando duas situações bastante particulares (plano de salários de bacharéis em Contabilidade e teste de avaliação de consumo de combustível de veículos SUV) trabalhamos a Estatística Inferencial.

No primeiro caso, a hipótese nula e alternativa lidaram com o teste unicaudal à esquerda. A empresa aqui denominada *FICT* coletou amostras de 50 salários de seus profissionais da contabilidade (bacharéis).

Sendo a média amostral R\$ 5.119,00 e o desvio padrão populacional igual a R\$ 936,00. Ou seja, neste caso temos desvio padrão populacional conhecido. O teste de hipóteses uma vez estabelecido nos permitiu calcular, com o uso do Excel, o Z_{teste} , valor- p e $Z_{critico}$ para os níveis de significância de 1% e 5% e salário médio populacional de R\$ 5.480,00.

Concluimos que os salários dos contadores, de média amostral R\$ 5.119,00 são menores que a média populacional R\$ 5.480,00 para ambos os níveis de significância aqui adotados.

Na última parte deste trabalho, usando a Estatística de teste para testes de hipóteses de uma média populacional com σ desconhecido, vimos a empresa revendedora de veículos SUV após instalar o novo sistema de injeção poderá constatar se realmente terá um rendimento de consumo (em km/ℓ) maior que os produzidos por seus veículos até o presente.

Sendo σ desconhecido, usando a distribuição amostral t (com os devidos valores para o desvio padrão amostral e média amostral) encontramos, via Excel, o valor 1,16 e o valor- p exato de 0,1254 o qual é menor que α .

Dessa forma, a conclusão do Teste de Hipóteses é que não temos elementos para rejeitar a Hipótese nula, ou seja, o novo sistema de injeção instalado pela empresa não produziu o resultado esperado. Não há, portanto, elementos que confirmem que seus veículos, nesta nova condição, tenham um rendimento maior que 9,7 km/ℓ.

REFERÊNCIAS

FERREIRA, V. P., ANGONESE, R., O MERCADO DE TRABALHO PARA CONTADORES: EXPECTATIVAS E REALIDADES - XV CONVENÇÃO DE CONTABILIDADE DO RIO GRANDE DO SUL (2015).

Disponível em: < http://www.crcrs.org.br/convencao/arquivos/trabalhos/cientificos/mercado_de_trabalho_para_contadores_804.pdf > Acesso em 30 mar. 2019.

LARSON, R.; FARBER, B., ESTATÍSTICA APLICADA – 4ª. Edição (2010).

MARTINS, M. E. GRAÇA, Análise de Dados, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (2009). Disponível em:

< <http://arquivoescolar.org/bitstream/arquivo-e/98/1/An%C3%A1lise%20de%20dados.pdf> >

Acesso em 18 dez. 2017.

NIBO – Guia carreiras e salários em contabilidade 2017 – (2017). e podem ser pesquisadas nos links disponíveis no seguinte endereço eletrônico, acessado em 30 de março de 2018:

< <https://www.nibo.com.br/wp-content/uploads/2017/01/Guia-Carreiras-e-Salarios-em-Contabilidade-2017-NIBO.pdf> >

QUATRO RODAS, Comparativo: qual SUV automático de R\$ 85.000 tem melhor custo benefício (2019).

Disponível em: < <https://quatorodas.abril.com.br/testes/comparativo-qual-suv-automatico-de-r-85-000-tem-melhor-custo-beneficio/> >. Acesso em: 11 abr. 2019.

SÁ, S. Manual de Microsoft Excel, (2015).

Disponível em: < http://www.ispa.pt/ficheiros/documentos/microsoft_excel.pdf >. Acesso em: 11 abr. 2019.

SWEENEY, D. J. et. al. ESTATÍSTICA APLICADA à administração e economia – 3ª. Edição (2015).



INFORMAÇÕES DO AUTOR

Carlos Alberto Stechhahn da Silva é mestre e doutor em física pela Universidade de São Paulo (USP) e professor da Faculdades Integradas Campos Salles. E-mail: carlos.silva@cs.edu.br

