

## UM MODELO DE VIDA ACELERADO BIRNBAUM-SAUNDERS GENERALIZADO

Thalytta Evilly Cavalcante Silva (1); Joelson da Cruz Campos (2); Michelli Karinne Barros da Silva (3)

<sup>1</sup>Universidade Federal de Campina Grande, [thalyttacavalcante@gmail.com](mailto:thalyttacavalcante@gmail.com).

<sup>2</sup>Universidade Federal de Campina Grande, [joelsonmat@hotmail.com](mailto:joelsonmat@hotmail.com).

<sup>3</sup>Universidade Federal de Campina Grande, [michelli.karinne@ufcg.edu.br](mailto:michelli.karinne@ufcg.edu.br).

### Introdução

De acordo com Leiva et al. (2012), em negócios e na indústria há um grande interesse em prever a vida útil de materiais que operam sob estresse. A aplicação de distribuições de confiabilidade para avaliar a resistência de materiais foi discutido Watson e Smith (1985). O objetivo era o desenvolvimento de métodos teóricos que permitissem a observação e ou medição de tempos de vida sob condições mais rigorosas do que o previsto no ciclo de trabalho e assim encurtar o período de teste para ser capaz de estimar de forma eficiente o tempo de vida desses materiais. Por exemplo, uma má estimativa dos percentis mais baixos de uma distribuição de vida pode produzir perdas monetárias significativas para as empresas devido a uma quantidade excessiva de produtos com tempo de durabilidade inferior a garantia. Realizar testes de vida em níveis baixo de estresse pode consumir muito tempo e consequentemente mais recursos. Então, para evitar isso, falhas de materiais em níveis alto de estresse são observados, e depois os tempos de falha em níveis baixos são preditos. Esse tipo de teste é conhecido como teste de vida acelerado e os modelos utilizados para esses testes são denominados modelos de vida acelerados.

A distribuição Birnbaum-Saunders (BS) é um modelo probabilístico que vem sendo bastante utilizado para modelar o tempo de vida de materiais ou indivíduos expostos a algum dano acumulativo. Essa distribuição foi desenvolvida por Birnbaum e Saunders (1969) através de um estudo sobre um tipo específico de fadiga. A fadiga consiste da ruptura progressiva de um certo tipo de material ou equipamento que ocorre de forma contínua por motivos devido ao uso constante e ou exposição à estresse e tensão. Na literatura, diversas distribuições de probabilidade são utilizadas para modelar o tempo de vida, dentre as quais podemos destacar as distribuições: exponencial, Weibull, log-normal, log-logística, gama, dentre outras. Essas distribuições citadas possuem como principal vantagem o fato de que geralmente se adequam muito bem à região central. Todavia, as mesmas tem a desvantagem de não adequarem aos percentis mais baixos ou mais ou mais altos. Nesse contexto temos a distribuição BS que além de se adequar bem à região central, destaca-se por se ajustar melhor aos percentis mais baixos e mais altos. Embora a distribuição BS tenha sido originada a partir da fadiga de materiais, a mesma vem sendo amplamente aplicada em diversas áreas. Algumas generalizações e extensões da distribuição BS têm sido propostas nos últimos anos. Owen (2006) desenvolveu a distribuição BS com três parâmetros. Díaz-García e Leiva (2005) estenderam a distribuição BS a partir de distribuições de contornos elípticos. De acordo com Díaz-García e Leiva (2005), esta generalização baseou-se na busca de distribuições de vida que possuíssem mais flexibilidade que a distribuição BS.

Neste trabalho generalizamos o modelo de teste de vida acelerado apresentado em Leiva et al. (2012). Neste sentido, apresentamos o modelo de teste de vida acelerada com base na distribuição Birnbaum-Saunders Generalizada

(83) 3322.3222

[contato@conapesc.com.br](mailto:contato@conapesc.com.br)

[www.conapesc.com.br](http://www.conapesc.com.br)

(BSG). Para fins de comparação, consideraremos dois modelos dessa classe, a saber: o modelo de vida acelerado BS e o modelo BS-*t* Student. Consideramos como estressor a lei potência inversa, que segundo Fogliatto e Ribeiro (2009) descreve o tempo de falha de um produto como função de um único fator de estresse, que pode ser voltagem (mais usual), temperatura, carga mecânica, entre outros. A aplicação de carga ou estresse sobre o objeto em estudo tem como finalidade apressar o aparecimento das falhas e permitir tirar conclusões sobre o tempo de vida esperado do mesmo, sob condições normais de uso, o que faz com que a confiança em um teste deste seja relativamente alta. Durante um teste de aceleração, diferentes fatores podem ser mudados com finalidade de se acelerar a falha. Entre estes fatores os mais usuais são: temperatura, umidade, tensão e salinidade.

### Metodologia

Neste trabalho, a estimação dos parâmetros do modelo foi feita através do Método de Máxima Verossimilhança. Utilizamos o *software* R na versão 3.5.0, que encontra-se disponível de forma gratuita no endereço (<https://cran.r-project.org/>), para geração dos gráficos e estimação dos parâmetros das distribuições BS e BS- *t* Student, através da função maxNM disponível no pacote **maxLink** do R. Os conjuntos de dados usados na aplicação estão disponíveis em (OWEN, 2000).

### Resultados e Discussão

Aplicamos os modelos BS-*t* Student e BS aos dados de fadiga de cupons de alumínio 6061-T6, que foram cortados paralelamente à direção do rolamento, com frequência de 18 ciclos/s e níveis de estresse de  $V_1 = 2,1 \text{ psi} (\times 10^4)$ ,  $V_2 = 2,6 \text{ psi} (\times 10^4)$  e  $V_3 = 3,1 \text{ psi} (\times 10^4)$ . O experimento rendeu três conjuntos de dados com tamanhos amostrais de  $n_1 = 101$ ,  $n_2 = 102$  e  $n_3 = 101$ . O número total de observações foi  $N = 304$  e os níveis de estresse são  $k = 3$ . Esses dados foram relatados com mais detalhes em Birnbaum e Saunders (1958).

Utilizando o Método da Máxima Verossimilhança estimamos os parâmetros do modelo BS e dos modelos BS-*t* Student fixando os graus de liberdade em 3, 5 e 7. Como critério de seleção utilizamos o Critério de Informação de Akaike (AIC). De acordo com o critério mencionado constatamos que o melhor modelo foi o modelo BS-*t* Student com 5 graus de liberdade uma vez que o mesmo apresentava o menor AIC.

### Conclusões

Neste artigo propomos um modelo de vida acelerado baseado na distribuição BSG. Como a distribuição BSG é mais flexível, o modelo de vida acelerado BS-*t* se mostrou superior ao modelo de vida acelerado BS, fornecendo assim uma melhor previsão dos dados de fadiga considerado.

### Referências

BIRNBAUM, Z. W.; SAUNDERS, S. C. A statistical model for life-length of materials. *Journal of the American Statistical Association*, v. 53, n. 281, p. 151-160, 1958.

(83) 3322.3222

contato@conapesc.com.br

[www.conapesc.com.br](http://www.conapesc.com.br)

BIRNBAUM, Z. W.; SAUNDERS, S. C. A new family of life distributions. *Journal of Applied probability*, v. 6, n. 2, p. 319-327, 1969.

DÍAZ-GARCÍA, J. A.; LEIVA, V. A new family of life distributions based on the elliptically contoured distributions. *Journal of Statistical Planning and Inference*, v. 128, n. 2, p. 445-457, 2005.

FOGLIATO, F.; RIBEIRO, J. *Confiabilidade e manutenção industrial*. Elsevier Brasil, 2009.

LEIVA, V.; ROJAS, E; GALEA, M.; SANHUEZA, A. Diagnostics in Birnbaum–Saunders accelerated life models with an application to fatigue data. *Applied Stochastic Models in Business and Industry*, v. 30, n. 2, p. 115-131, 2014.

OWEN, W. J.; PADGETT, W. J. A Birnbaum-Saunders accelerated life model. *IEEE Transactions on Reliability*, v. 49, n. 2, p. 224-229, 2000.

OWEN, W. J. A new three-parameter extension to the Birnbaum-Saunders distribution. *IEEE Transactions on Reliability*, v. 55, n. 3, p. 475-479, 2006.

WATSON, A. S.; SMITH, R. L. An examination of statistical theories for fibrous materials in the light of experimental data. *Journal of Materials Science*, v. 20, n. 9, p. 3260-3270, 1985.