

NOME: BRUNO CARLOS ALVES PINHEIRO

TÍTULO: Aplicação da Estatística de Weibull na Avaliação da Tensão de Ruptura a Flexão de Materiais Cerâmicos Utilizados na Construção Civil

AUTORES: BRUNO CARLOS ALVES PINHEIRO, Gustavo Matias Estevão, Kátia Andréa Carvalhaes Pêgo, Sandro Ferreira de Souza, Tais Souza Alves, Eliza da Paula Batista

AGÊNCIA FINANCIADORA (se houver): Estadual-UEMG

PALAVRA CHAVE: Módulo de Weibull

RESUMO

No "design" de produtos, uma das maiores preocupações é com relação a qualidade do produto final. Um produto de qualidade garante a satisfação do público alvo, ou seja, os clientes ou consumidores. Devido ao comportamento frágil apresentado pelos produtos cerâmicos, é muito comum ocorrer variações no comportamento mecânico dentro de um mesmo lote de produtos. Tais variações influenciam de maneira significativa a qualidade durante o "design" desses produtos. Assim, o uso de ferramentas, principalmente, ferramentas estatísticas, que permitam um maior controle da qualidade é de vital importância e, cada vez mais se torna necessário para se ter conhecimento da qualidade dos produtos desenvolvidos, principalmente dos produtos cerâmicos. Entre estas ferramentas destaca-se a Estatística de Weibull, a qual é baseada no modelo da distribuição de Weibull, sendo adequadamente utilizada em produtos que possuem natureza frágil, assim como os produtos cerâmicos. Este método estatístico vem sendo utilizado com sucesso para quantificar a dispersão dos valores de resistência mecânica apresentada pelos produtos cerâmicos. Através dele pode-se determinar dois parâmetros importantes: i) o módulo de Weibull (m), o qual fornece um indicativo da reprodutibilidade (qualidade) dos resultados de resistência mecânica do produto. Quanto maior for o valor do módulo de Weibull, menor a dispersão dos resultados e; ii) a resistência característica (R_c), a qual descreve a probabilidade de falha sob um determinado nível de tensão. É um parâmetro de localização, sendo desejável que seu valor seja o maior possível. Dentro deste contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade de produtos cerâmicos utilizados na construção civil, os quais são classificados como revestimentos vitrificados para pisos observando o comportamento mecânico, através da tensão de ruptura a flexão, em função da temperatura de sinterização. Através da estatística de Weibull pode-se observar a influência deste parâmetro na resistência mecânica e possíveis falhas no processamento. Foram utilizados corpos-de-prova na forma de barras prismáticas de seção retangular com $115 \times 25,4 \times 7 \text{ mm}^3$, cuja formulação consiste de 45 % de caulim, 42,5 % de feldspato sódico e 12,5 % de quartzo. Estes corpos-de-prova foram conformados por prensagem uniaxial em prensa hidráulica utilizando pressão de compactação de 40 MPa e sinterizados nas temperaturas de 1340 e 1400 °C. Os corpos-de-prova foram mantidos na temperatura de patamar durante 30 minutos. Em seguida, foi determinada a tensão de ruptura a flexão (σ_f) através do ensaio de flexão em três pontos. Esse ensaio foi realizado com o auxílio de uma máquina universal, marca Instron, modelo 4301, capacidade de 5 kN. A velocidade do ensaio foi de 0,1 mm/min, com distância entre os cutelos de apoio de 90 mm. Em seguida, aos dados experimentais de tensão de ruptura a flexão para cada amostra de porcelana tradicional foram tratados estatisticamente por meio da Estatística de Weibull. A probabilidade de fratura (P) foi determinada de acordo com o método da distribuição acumulada de amostras simétricas, cujo estimador de probabilidade é $P = (i - 0,5)/n$. A aplicação da estatística de Weibull seguiu os seguintes passos: i) Ordenação de forma crescente dos valores de tensão de ruptura obtidos para cada amostra; ii) cálculo do ranking mediano para cada observação; iii) cálculo do logaritmo natural da tensão de ruptura a flexão (σ_f) ($\ln(\sigma_f)$) de cada observação (amostra); iv) Cálculo do logaritmo natural do logaritmo natural do inverso de 1 menos o ranking mediano de cada observação ($\ln[\ln(1/(1-F))]$); v) construção dos gráficos com $\ln(\sigma_f)$ no eixo das abscissas (x) e ($\ln[\ln(1/(1-F))]$) no eixo das ordenadas (y); vi) e por fim, determinação do módulo de Weibull através da tangente da curva de ($\ln[\ln(1/(1-F))]$) em função de $\ln(\sigma_f)$.

Foram utilizados os seguintes softwares para auxílio dos cálculos e análise: (a) Excel para o cálculo dos dados descritos acima na forma de tabela e, (b) o software Origin 8.0 para a construção dos gráficos e análise de regressão linear. A análise dos diagramas de Weibull revelou que a melhor qualidade dos produtos estudados é obtida quando estes são sinterizados na temperatura de sinterização de 1220 °C. Nesta temperatura de sinterização e de acordo com as condições de processamento e queima utilizadas, as amostras obtiveram maior módulo de Weibull ($m = 31,96$). Isso indica menor dispersão e maior reprodutibilidade dos valores de tensão de ruptura a flexão. Os resultados também mostraram que na temperatura de sinterização de 1220 °C os produtos apresentaram o maior valor de resistência característica ($R_c = 41,71 \text{ MPa}$), indicando que nesta temperatura de sinterização ocorre uma menor probabilidade de fratura. Assim, pode ser concluído que, na temperatura de sinterização de 1220 °C, o produto estudado no presente trabalho (revestimento cerâmico para pisos) apresenta menor dispersão nos resultados de resistência mecânica a flexão. Isso pode indicar que nesta temperatura de sinterização os produtos estudados apresentam a melhor qualidade em termos de uma de suas principais propriedades especificadas por normas - a resistência mecânica a flexão.