

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
ENGENHARIA DA CONFIABILIDADE

NILSON JOSÉ DE SOUZA

**ENSAIOS ACELERADOS EM LÂMPADAS FLUORESCENTES
COMPACTAS**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

Curitiba
2015

NILSON JOSÉ DE SOUZA

ENSAIOS ACELERADOS EM LÂMPADAS FLUORESCENTES COMPACTAS

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Engenharia de Confiabilidade, do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Emerson Rigoni

Curitiba
2015

RESUMO

SOUZA, Nilson José de. ENSAIOS ACELERADOS EM LÂMPADAS FLUORESCENTES COMPACTAS. Monografia do Curso de Especialização em Engenharia da Confiabilidade do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

Ensaio acelerado de vida é uma metodologia que vem sendo aplicada para estimar o tempo de vida dos componentes produzidos na indústria, com intuito de reduzir os custos com manutenção prematura elevando a taxa de disponibilidade dos equipamentos, aumentando a credibilidade e competitividade das empresas. Este artigo propõe aplicar na prática a técnica de ensaios acelerados utilizando como componente de teste lâmpadas eletrônicas, simular o comportamento de sistemas onde estes componentes estão inseridos e aplicar sobre eles carregamentos e estresses controlados visando estimar o tempo de vida mediano em condições normais de uso. Para aumentar a confiabilidade dos dados a serem coletados foi desenvolvida uma bancada didática eletrônica automática para simular a operação do componente e identificar o momento exato da falha reduzindo erros de medição durante o período de ensaio.

A coleta de dados foi realizada com sucesso, a bancada e o dispositivo de simulação de ambiente desempenharam sua função conforme projetado algumas melhorias foram identificadas ao longo do processo de coleta de dados, quanto ao resultado da análise, este sofreu interferência de valores discrepantes indicando melhorias no processo de coleta de dados de forma a minimizar estes impactos nos ensaios futuros e melhorar o resultado do experimento.

Palavras-chave: Confiabilidade, Ensaios Acelerados, Lâmpadas, Bancada Didática.

ABSTRACT

SOUZA, Nilson José de. **RELIABILITY, MAINTAINABILITY AND AVAILABILITY ANALYSIS OF MILLS INDUSTRIAL PLANT**. Monograph of Specialization in Reliability Engineering of Academic Department of Electrical Engineering at Federal Technological University of Paraná. Curitiba, 2015.

Accelerated life testing is a methodology that has been applied to estimate the lifetime of the components produced in the industry, in order to reduce the cost of premature maintenance raising equipment availability rate, increasing the credibility and competitiveness. This article proposes to apply in practice the accelerated testing technique using as test component electronic lamps, simulating the behavior of systems where these components are inserted and apply on them controlled loads and stresses to estimate the average lifetime under normal conditions of use. To increase the data reliability that will be collected an automatic electronic didactic bench will be developed, it will simulate the component's operation and identify the exact time of the crash reducing measurement errors during the trial period.

Data collection was successful, the bench and the environment simulation device played its function as designed some improvements were identified during the data collection process, as the result of the analysis, this suffered interference outliers suggest improvements in the data collection process in order to minimize these impacts in future trials and improve the outcome of the experiment.

Key Words: Reliability, Accelerated Testing, Lamps, Didactic Bench.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Parâmetros de projeto e ensaio.....	10
Tabela 2 Resultados obtidos no final do ensaio	11
Tabela 3 Parâmetros simulados no softwares Alta/Weibull++.....	13

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Níveis de estressamento.....	2
Figura 2 Lay-out 3D da placa controladora.	3
Figura 3 Telas do menu	5
Figura 4 - Programa 2	6
Figura 5 Tela finaliza configuração.....	6
Figura 6 Monitoramento do ensaio.....	7

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Confiabilidade vs. Tempo.	14
Gráfico 2 Probabilidade de falha vs. tempo.....	15
Gráfico 3 Pdf- Função densidade de probabilidade.....	16
Gráfico 4 Gráfico de contorno.	17

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. Bancada de Teste	2
2.1. Configuração da bancada de testes	3
2.1.1. Configuração de data e hora	4
2.1.2. Configuração do ensaio	5
2.1.3. Iniciando o ensaio	7
3. Ensaio acelerado em lâmpadas fluorescentes compactas.....	7
3.1. Descrição do teste realizado	10
3.2. Avaliação dos resultados do ensaio pelo software Weibull++	11
4. Considerações Finais	17
REFERÊNCIAS	19

1. INTRODUÇÃO

A definição de confiabilidade segundo a norma NBR-5462(1994) é a capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas durante um dado intervalo de tempo.

Desde a segunda guerra mundial a análise de confiabilidade em sistemas eletrônicos é objeto de estudos, com a finalidade de aumentar a disponibilidade de equipamentos bélicos. Segundo Evan (1998), a confiabilidade se desenvolveu bastante a partir da década de 50, motivada principalmente pela ocorrência de acidentes na área militar. A partir de então vários métodos foram desenvolvidos para determinar a falha de componentes baseados na taxa de falhas, confiabilidade e incertezas.

A confiabilidade é estimada através de cálculos estatísticos observados a partir ocorrências de falhas, portanto, a coleta destes dados é fundamental para efetuar a análise. Neste artigo será realizado o ensaio acelerado em lâmpadas fluorescentes compactas de uso doméstico, para isso foi desenvolvida uma bancada eletrônica automática para realização da simulação de operação do componente de forma a aumentar a taxa de uso e desta forma provocar a falha do mesmo, além de registrar com precisão o tempo até a falha do componente.

O componente será submetido a quatro níveis de carregamentos, as variáveis escolhidas são tensão elétrica e temperatura, os níveis de estresses podem ser observados na Figura 1. Cuidado especial será tomado para evitar aplicar uma tensão muito elevada no componente, pois, isso colocará o componente na região de danos inviabilizando o estudo.

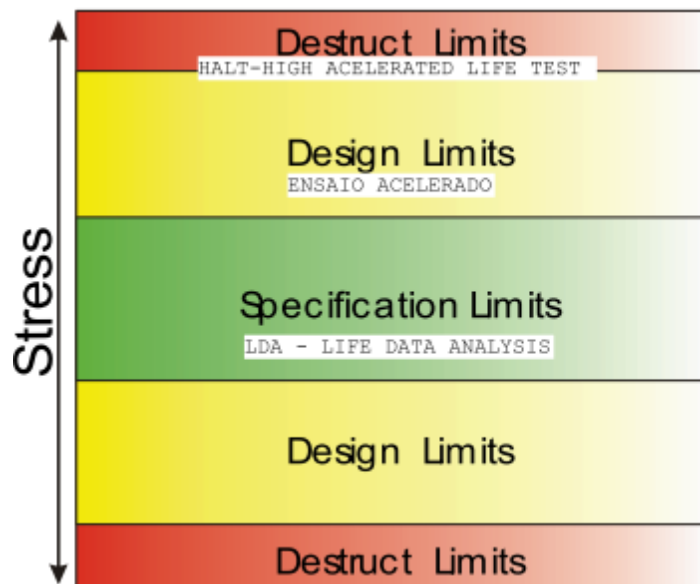


Figura 1 Níveis de estressamento.

Fonte: SPANÓ (2014)

Portanto, para a realização do ensaio devem ser conhecidos os parâmetros de operação normal do componente, os testes serão realizados até a ocorrência de falhas, caso isto não ocorra, ou seja, verificado outros tipos de falhas não previstos em projeto, isto indica que o ensaio não foi adequadamente conduzido e os dados não possuem valor para a análise da confiabilidade.

Após a conclusão dos testes os dados coletados serão inseridos no software *Weibull/Altae* analisados, gerando gráficos de confiabilidade e cálculos de confiabilidade estimando o provável tempo de vida do componente com determinada incerteza, considerando a aplicação dos parâmetros de projeto.

2. Bancada de Teste

A bancada é composta por uma placa principal onde está instalado o microcontrolador PIC-18F452, responsável por todo o processamento de dados, *drivers* de saída digital a relés e entrada digital com acopladores óticos, isto para evitar sobrecarga nos pinos de entrada e saída do microcontrolador em caso surtos de tensão, display de lcd de 4 linhas por 20 caracteres utilizado

como interface homem máquina gerando mensagens de comando orientando a utilização do sistema.

Possui ainda, relógio em tempo real com comunicação I2C para controle de tempo, driver de comunicação serial 485, para transferência de dados para o computador facilitando a coleta de dados (não implementado nesta versão) e três botões de comando utilizados para seleção, navegação e programação dos tempos de ensaios conforme a necessidade do usuário.

A Figura 2 apresenta à esquerda o layout da placa controladora, elaborada a partir do software específico para confecção de placa de circuitos eletrônicos e à direita imagem da placa concluída já em operação.

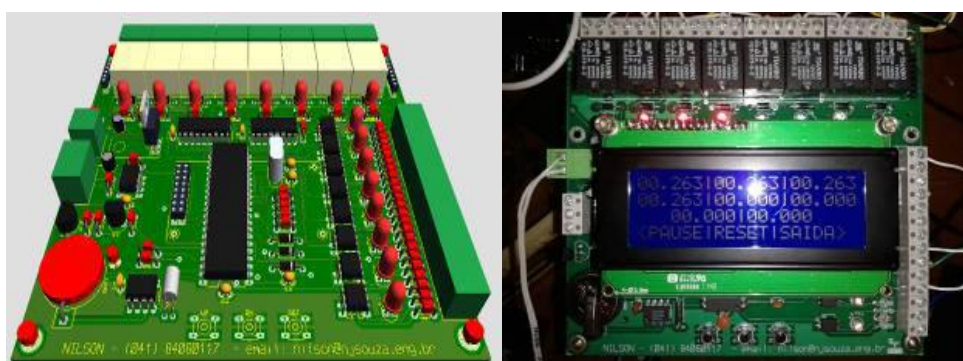


Figura 2 Lay-out 3D da placa controladora.

Fonte: Própria (2014)

2.1. Configuração da bancada de testes

A bancada de teste está programada para realizar dois ensaios específicos, em modo contínuo ou intermitente. No primeiro, a carga é energizada e permanece nesta condição até a falha ficando o tempo registrado em endereço de memória, o segundo, intermitente, é definido um tempo de permanência da lâmpada sob teste em estados distintos, ligado ou desligado. Assim a carga é acionada respeitando os tempos de permanência programados e o sistema entra em modo de monitoramento identificando a falha de acionamento, registrando o tempo até a falha em posição específica da memória.

A navegação entre as telas é feita através dos três botões existentes, para iniciar a navegação basta pressionar o botão referente à função *SET*, isto fará o menu avançar um nível, em seguida utilizando as teclas “+” ou “-”, é possível selecionar a opção desejada em seguida acionar novamente a tecla *SET*, todos os níveis de navegação de menu possui uma tela para finalizar a tarefa retornando um nível na navegação até o nível mais elevado, tela principal.

A tela de apresentação denominada como tela principal do sistema, conforme é apresentado no nível mais superior da Figura 3 apresenta informações básicas do sistema de controle como data, hora, temperatura atual do ambiente controlado além do menu inicial de navegação do sistema.

A seguir na Figura 3 apresenta todas as telas de configuração da placa controladora, organizada de forma a demonstrar a navegação entre elas, estas foram extraídas com o auxílio do software de simulação de circuitos.

2.1.1. Configuração de data e hora

Para iniciar a configuração é necessário acionar a tecla “*SET*”, selecionar a tela de ajuste de data e hora utilizando as teclas “+” ou “-” e pressionar “*SET*” para iniciar o processo de ajuste do tempo e data, o termo selecionado para correção pisca, aguardando ajuste através das teclas “+” ou “-”, aumentando ou diminuindo o valor a ser ajustado, ao final do ajuste pressionar a tecla “*SET*”, isto fará com que o próximo campo a ser ajustado comece a piscar este procedimento deverá ser repetido até a conclusão do ajuste de todos os campos, retornando então automaticamente para a tela principal com os devidos ajustes realizados.

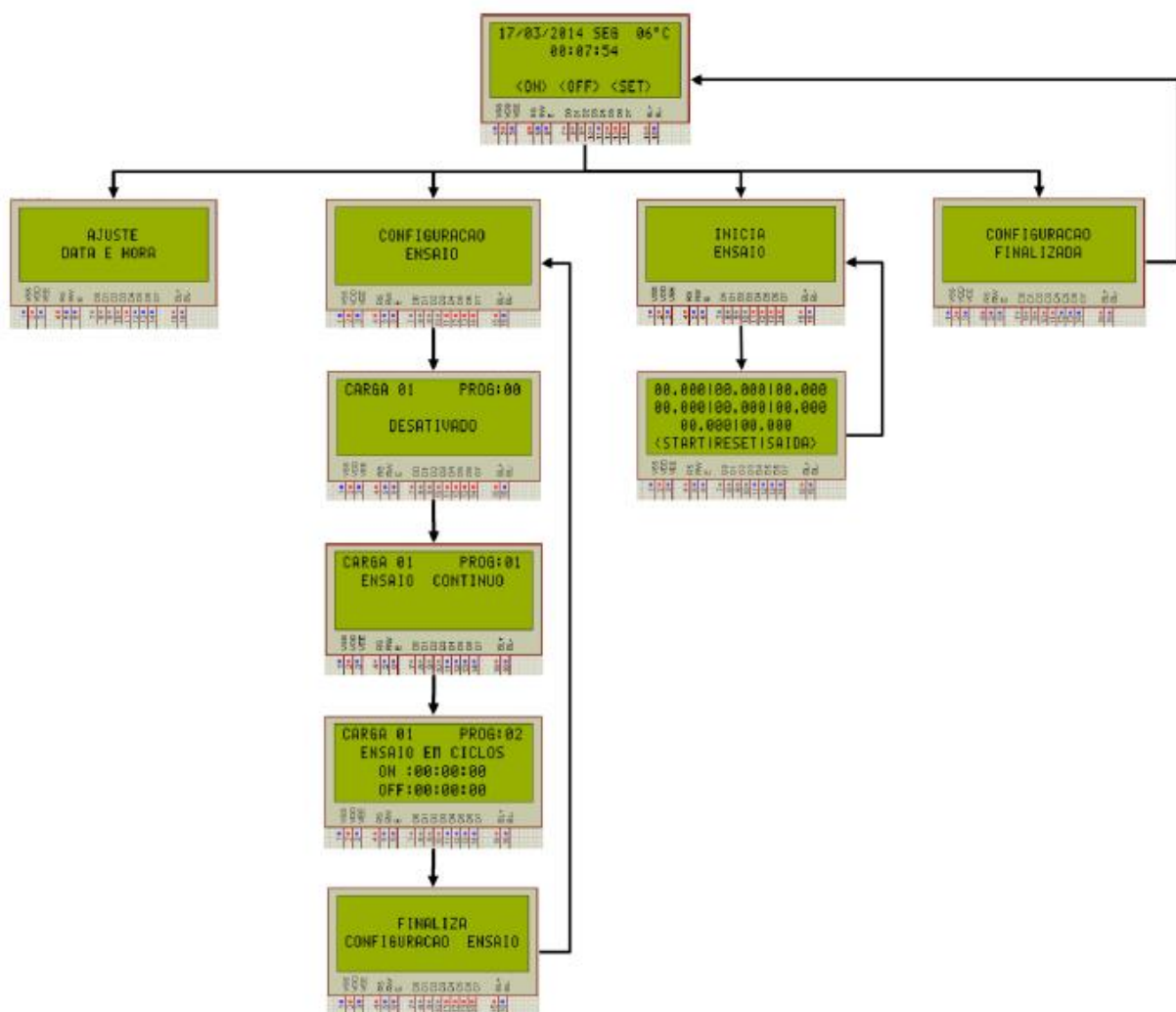


Figura 3 Telas do menu

.Fonte: Própria (2014)

2.1.2. Configuração do ensaio

A bancada permite o ensaio de até oito cargas simultaneamente e cada carga pode ser configurada em um modo de ensaio dentre três possíveis, o programa 00, desabilita a respectiva carga, ou seja, não participará do ensaio, o programa 01 prevê o ensaio em modo contínuo e o programa 02 em modo intermitente. Para ajustar a configuração do ensaio deve ser selecionado o menu correspondente e pressionar a tecla "SET".

No caso do primeiro programa, modo contínuo, a carga é acionada e permanece nesta condição até a ocorrência da falha, a qual é identificada imediatamente parando o respectivo contador de tempo daquela carga. Para o

programa 02, modo intermitente, possui uma rotina de comutação da carga, quando é selecionado este modo aparecerá no display campos para ajustar o tempo de ligado e desligado, para confirmar a escolha do programa pressione-se a tecla “SET”, o próximo passo é ajustar os tempos em que a carga ficará energizada e desenergizada isto em horas, minutos e segundos, a Figura 4 apresenta a tela do programa “2” selecionado.



Figura 4 - Programa 2

Fonte: Própria (2014)

Este processo deverá ser repetido para cada carga instalada na bancada ao finalizar todos os ajustes deverá selecionar a tela de encerramento de configuração através das teclas “+” ou “-” conforme apresentado na Figura 5 e pressionar a tecla “SET”, retornando para o segundo nível de programação.



Figura 5 Tela finaliza configuração.

Fonte: Própria (2014)

Todos os menus possuem uma tela com opção para finalizar a tarefa, quando esta é selecionada retorna um nível acima nas opções do menu até o retorno à tela inicial onde o sistema não executa nenhuma função apenas apresenta data, hora e temperatura permanecendo em *stand-by*, após

decorrido alguns segundos o display desliga a iluminação para economia de energia

2.1.3. Iniciando o ensaio

A partir do menu principal é possível acessar a tela denominada inicia ensaio, ao selecionar a opção a tela da Figura 6, abaixo é apresentada. Esta tela é utilizada para acompanhar os tempos de cada carga durante o ensaio, são oito contadores de tempo sendo que na parte inferior da tela existe um menu de comando onde é possível iniciar ou suspender o ensaio, bem como reiniciar (zerar) os contadores e finalmente sair retornando para tela principal.



Figura 6 Monitoramento do ensaio

Fonte: Própria (2014)

Para iniciar o ensaio, primeiro é necessário zerar os tempos, pois podem existir valores armazenados do último teste realizado, em seguida pressionar a tecla correspondente à função *INICIA*, para iniciar o ensaio propriamente dito disparando os contadores de tempo de todas as cargas que foram configuradas para participar do ensaio e seus respectivos modos, contínuo ou intermitente.

3. Ensaio acelerado em lâmpadas fluorescentes compactas

O ensaio consiste em submeter os componentes a dois tipos de estresses: sobre tensão e alta temperatura. Para definir estes é necessário primeiramente definir o ponto de destruição da lâmpada seja por sobre tensão

ou por temperatura, no caso da sobre tensão foi instalado reostato na alimentação das lâmpadas e realizado a elevação da tensão de alimentação até ocorrer a falha da lâmpada, o valor obtido para este parâmetro foi de 195V, já para o caso da temperatura, o valor de destruição ficou próximo de 105°C, porém cabe salientar que este valor pode ser um pouco menor devido a lâmpada possuir invólucro do circuito eletrônico o que serve como isolante térmico atrasando a transmissão de calor para os componentes eletrônicos.

A partir do experimento realizado para identificar os pontos de destruição da lâmpada, ficou definido que cada estresse possuirá dois patamares, no caso da tensão elétrica 35% e 40% acima da tensão de projeto e a temperatura o ensaio será com 80°C e 95°C, em cada amostragem o sistema será mantido na condição definida até a ocorrência da falha, a bancada de ensaio desenvolvida realiza o monitoramento do teste e identifica o momento exato da falha, registrando o tempo que o componente resistiu na condição de estresse. O tempo medido será apresentado no display da bancada, permitindo desta forma que o executante do teste se ausente sem perdas de precisão de contagem de tempo durante o ensaio.

Após iniciado o ensaio deve ser garantido que as condições de testes permaneçam até a sua conclusão, pois, em caso de falta de energia elétrica a bancada interpreta como uma falha do componente encerrando a contagem de tempo. Para minimizar o impacto deste efeito indesejado, foi instalado sistema de *no-break*, para no caso desta falta os dados coletados até o momento sejam preservados, suspendendo o ensaio até a normalização desta, podendo então ser retomado em seguida sem perdas para o ensaio.

Associado à bancada foi desenvolvido um dispositivo que permite o controle das variáveis do sistema, a tensão e a temperatura, o driver permite a realização de ensaio de 8 lâmpadas simultaneamente, o equipamento possui uma fotocélula por compartimento a qual possui a função de enviar sinal para as entradas digitais da bancada informando a condição de funcionamento do respectivo componente, sendo que a tensão de saída do sensor cai para nível zero de tensão quando ocorre a falha/queima da lâmpada em teste.

A Imagem 1 apresenta à esquerda a bancada concluída montada em caixa de pvc e a direita o dispositivo de testes de lâmpadas pronto para o início da primeira fase da coleta de dados.



Imagem 1 Foto do dispositivo de testes de lâmpadas.

Fonte: Própria (2014)

O dispositivo de acomodação de lâmpadas e simulação de ambiente possui divisórias instaladas distante do fundo da caixa de forma a permitir a circulação de ar quente entre as lâmpadas evitando que o calor fique confinado em determinado ponto, também recebeu pintura preta fosca para minimizar a reflexão da luz dentro do dispositivo, o que poderia interferir na identificação de falha da lâmpada ao lado prejudicando o ensaio.

A Imagem 2 apresenta o “*lay-out*” da placa da fotocélula utilizada para identificar o momento da falha de lâmpadas.

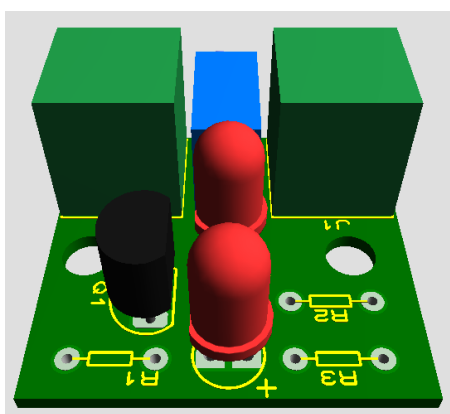


Imagem 2 Lay-out da fotocélula.

Fonte: Própria (2014)

Todos os dispositivos utilizados no experimento foram desenvolvidos para atender exclusivamente ao trabalho realizado, melhorias identificadas durante a realização do ensaio foram identificadas e registradas, porém não foram implementadas no sistema atual ficando pendente para os futuros trabalhos realizados na área.

3.1. Descrição do teste realizado

Para o ensaio foram selecionados três fabricantes aleatoriamente, foram aplicados 4 níveis de estresses em cada lote composto por 6 lâmpadas, totalizando 24 lâmpadas testadas de cada fabricantes. Também foi configurado o perfil de ensaio contínuo, este consiste em definir um ciclo de operação do componente, neste caso, manter a lâmpada energizada continuamente.

Na primeira fase do ensaio foram identificados os parâmetros de projeto e o limite destrutivo da lâmpada de cada fabricante a fim de determinar a sobre tensão máxima que pode ser aplicados ao componente sem interferir nos resultados do estudo, definindo desta forma os níveis de estresses a serem aplicados durante o ensaio, conforme apresentado na Tabela 1.

PARÂMETROS									
Fabricante	PROJETO		VIDA MEDIANA (h)	LIMITE DESTRUTIVO		ESTRESSES DEFINIDOS PARA O ENSAIO			
	Temp. (°C)	Tensão (V)		Temp. (°C)	Tensão (V)	Temp. (°C)	Tensão (V)	Temp. (°C)	Tensão (V)
A	45	127	6000	105	195	80	170	95	180
B	45	127	6000			80	170	95	180
C	45	127	6000			80	170	95	180

Tabela 1 Parâmetros de projeto e ensaio

Fonte: Própria (2015)

A segunda fase consiste em aplicar os estresses de temperatura e tensão identificados anteriormente, o tempo de ensaio realizado para cada lote de lâmpadas é apresentado na tela da bancada e está configurado como um “float”, com precisão de uma casa decimal, registrando o tempo até a falha em

horas. A Tabela 2, elaborada de modo a apresentar todos os resultados obtidos durante a realização dos testes em cada condição de estresse.

STRESS			TEMPO ATÉ A FALHA (h)					
Fabricante	Temp.	Tensão	L-01	L-02	L-03	L-04	L-05	L-06
	(°C)	(V)						
A	80	170	2,2	0,6	0,4	3,2	1,4	2,9
		180	0,4	0,6	0,5	0,5	2,0	1,1
	95	170	0,7	1,2	0,8	0,4	1,0	0,5
		180	0,3	0,3	0,3	0,2	0,7	0,7
B	80	170	2,2	2,5	10,3	3,3	1,5	2,7
		180	0,6	1,8	0,6	0,6	1,9	0,7
	95	170	7,0	0,8	0,8	1,1	0,8	0,4
		180	0,3	3,2	0,3	0,9	0,6	0,8
C	80	170	17,9	27,5	3,3	3,2	1,6	3,0
		180	0,6	0,6	0,5	2,1	2,0	0,5
	95	170	9,2	1,1	0,4	0,9	0,9	0,9
		180	0,3	1,6	0,3	0,3	0,8	0,7

Tabela 2 Resultados obtidos no final do ensaio

Fonte: Própria (2015)

É notável na tabela acima que alguns valores de tempo coletados diferem muito dos demais para o mesmo estresse, não é possível afirmar qual é a causa desta diferença, considerando que os valores discrepantes se apresentaram em ensaios distintos o que exclui a possibilidade de falha na aplicação do estresse.

3.2. Avaliação dos resultados do ensaio pelo software Weibull++

As distribuições *Weibull* com o $\beta < 1$ têm uma taxa de falha que diminui com tempo, conhecida também como falha infantil ou prematura, as distribuições de *Weibull* com o β próximo de ou igual a 1 têm uma taxa de falha razoavelmente constante, indicando a vida útil ou de falhas aleatórias e as distribuições de *Weibull* com o $\beta > 1$ têm uma taxa de falhas que aumenta com o

tempo, conhecido também como falhas de desgaste. Estes betas abrangem as três fases da "clássica curva da banheira". A distribuição *Weibull* mista com uma subpopulação com o $\beta < 1$, uma subpopulação com o $\beta = 1$ e outra com o $\beta > 1$, teria um gráfico de taxa de falhas que fosse idêntico à curva da banheira. (RELIABILITY HOT WIRE, 2005).

Utilizando a integração entre os softwares *ALTA* e *Weibull++*, os dados podem ser separados e analisados individualmente. Esta metodologia de análise é baseada em programas computacionais que permitem uma visualização da variação dos parâmetros da distribuição e dos níveis de confiança. Os dados foram inseridos no *software ALTA* e utilizado o método *TNT-Lognormal Temperatura Não-Térmico*.

A partir dos dados inseridos na Tabela 2, aplicando o modelo *Weibull* de dois parâmetros (β e η) com o método regressão em x , foram obtidos os seguintes valores para beta $\beta = 1,691260$; $1,387111$; $1,090553$ e eta $\eta = 0,990011$; $1,780959$; $2,171373$ para os fabricantes das lâmpadas A, B e C respectivamente.

Em confiabilidade, estamos preocupados com a probabilidade de que um item sobreviva a um dado intervalo estabelecido (de tempo, ciclos, distância). Isto é, não haverá falhas no intervalo de 0 a "t", sendo a confiabilidade dada pela função $C(t)$ definida pela equação 1. (LAFRAIA, 2001).

$$C(t) = \int_0^t f(t) dt = 1 - \int_0^t f(t) dt = 1 - F(t) \rightarrow \infty t 1$$

Extrapolando os valores obtidos podemos estimar a confiabilidade e demais parâmetros do componente para um tempo de 6000 horas com um nível de confiança de 90% quando aplicado a tensão e a temperatura de projeto de 127 volts e 45°C. A Tabela 3 apresenta todos os parâmetros simulados para cada fabricante, pode-se observar o valor da confiabilidade para as lâmpadas A e B são iguais a zero, motivo pelo qual estas amostras foram descartadas na continuidade da análise de resultados, restando apenas as lâmpadas do fabricante C.

Avaliando os dados coletados do item C foi identificado que alguns pontos se distanciavam muito do valor médio coletado, portanto foi realizado

mais uma amostragem em dois níveis de estresse 170VCA x 80°C e 180VCA x 80°C gerando outra base de dados denominada C+.

Comparando os resultados dos parâmetros calculados foi verificado que os valores mudam sensivelmente, o que indica que o número de amostras é muito pequeno para que seja possível comparar os resultados obtidos com os valores de vida mediana e garantia indicados na embalagem do produto.

EXTRAPOLAÇÃO PARA 6000hs/127VCA/45°C									
FABRICANTE	CONFIABILIDADE	PROBABILIDADE	GARANTIA	VIDA B ₅₀ (50%)	TAXA DE FALHA	FATOR ACELERAÇÃO (h)			
	R(t) (%)	Q(t) (%)	(h)	(h)	(/h)	170VCA x 80°C	170VCA x 95°C	180VCA x 80°C	180VCA x 95°C
A	0,000000								
B	0,000000								
C	0,992610	0,00739	12032	50960	0,000004	12128	32428	45636	122015
C +	0,301543	0,698457	736	3625	0,000199	1324	2479	3893	7291

Tabela 3 Parâmetros simulados no softwares Alta/Weibull++.

Fonte: Software *Alta/Weibull++* - (2015)

Outro fator que pode levar os componentes a apresentar comportamento discrepante é a possibilidade dos estresses aplicados estarem muito próximo do ponto de destruição do componente inviabilizando o estudo. Abaixo o Gráfico 1 apresenta a confiabilidade do componente C versus o tempo.

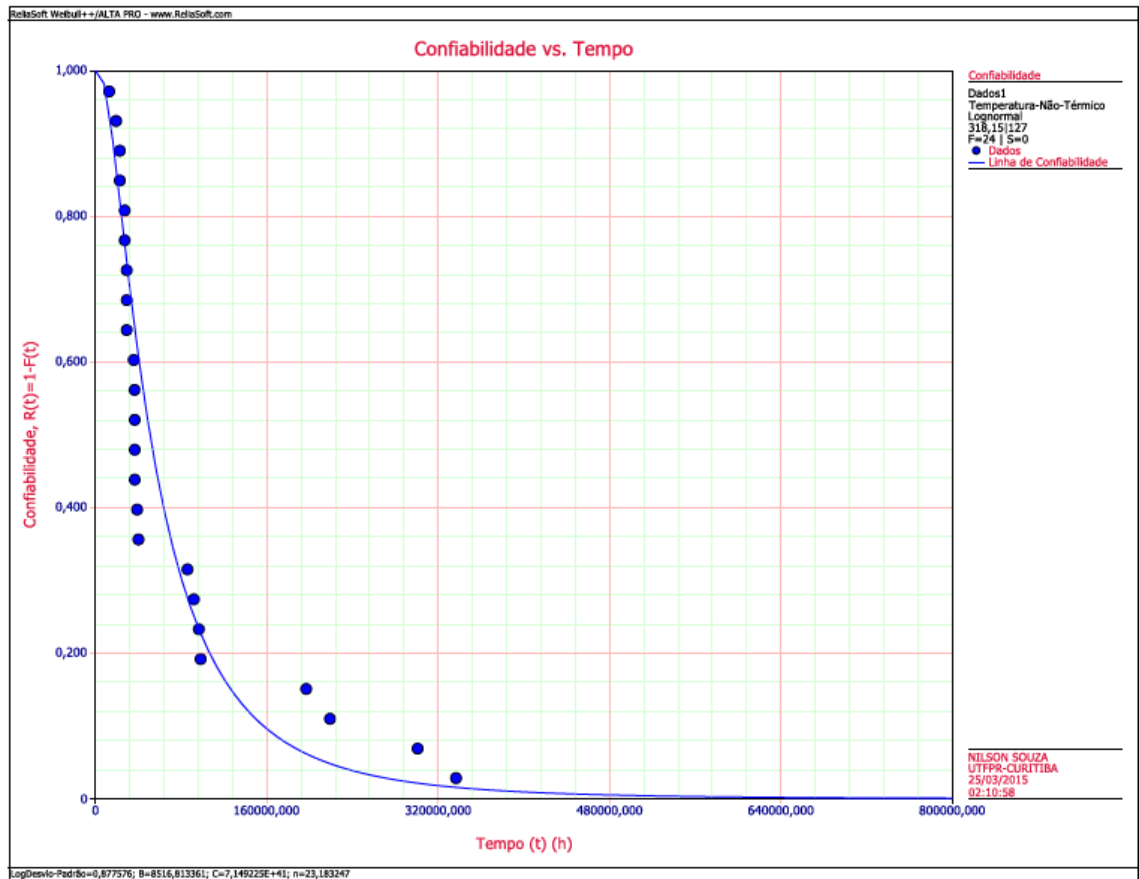


Gráfico 1 Confiabilidade vs. Tempo.

Fonte: Software Alta/Weibull++ - (2015)

A probabilidade de falha do sistema, é dada pela equação 2: (LAFRAIA, 2001).

$$F(t) = 1 - C(t) \quad 2$$

$F(t)$ é a função acumulada de falhas que representa a probabilidade de falhas entre um período t_1 e t_2 . É representada graficamente por uma função de distribuição de densidade acumulada e expressa pela equação 3. (LAFRAIA, 2001).

$$F(t_2) - F(t_1) = \int_{t_1}^{t_2} f(t) dt \quad 3$$

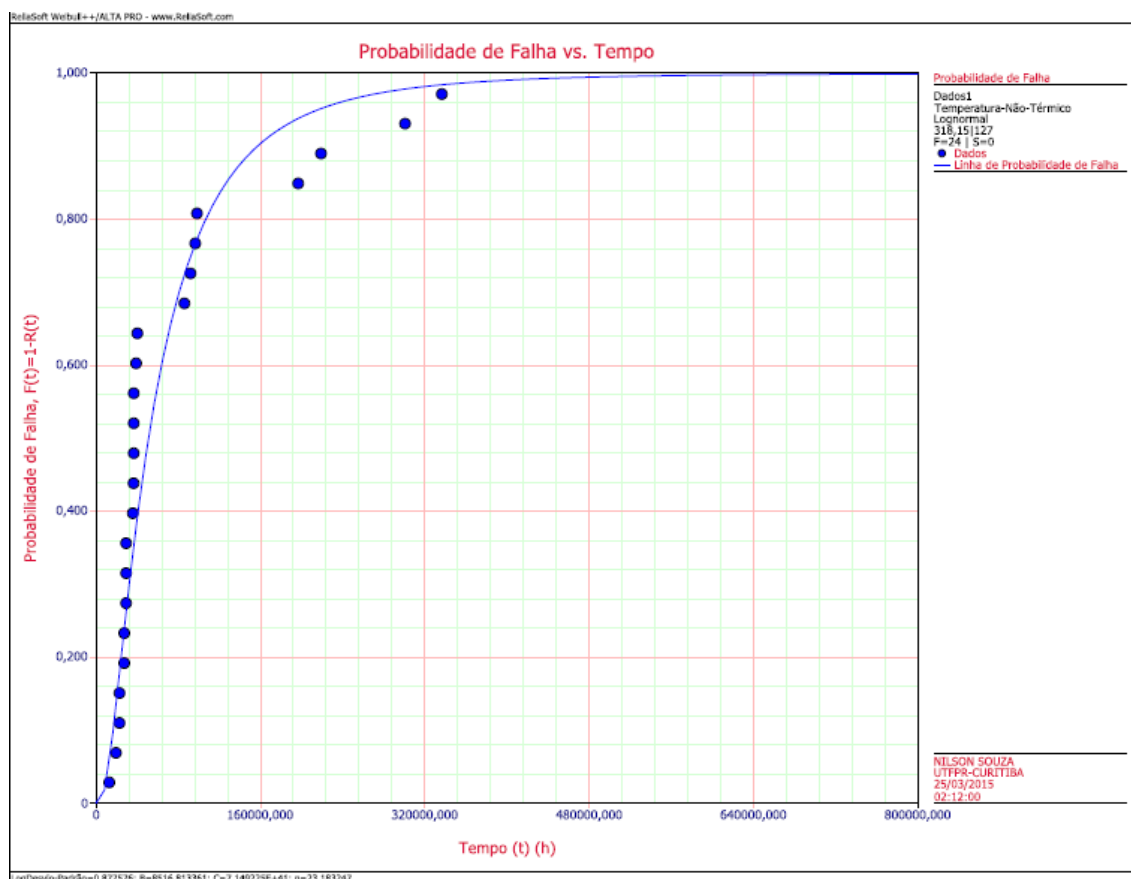


Gráfico 2 Probabilidade de falha vs. tempo

Fonte: Software Alta/Weibull++ - (2015)

A função densidade de falhas (pdf) representa a variação de probabilidade de falhas por unidade de tempo. É representada graficamente por uma função, distribuição de probabilidade e expressa pela equação 4. (LAFRAIA, 2001).

$$f(t)=dF(t)dt4$$

O Gráfico 3 apresenta a função densidade de probabilidade do componente C.

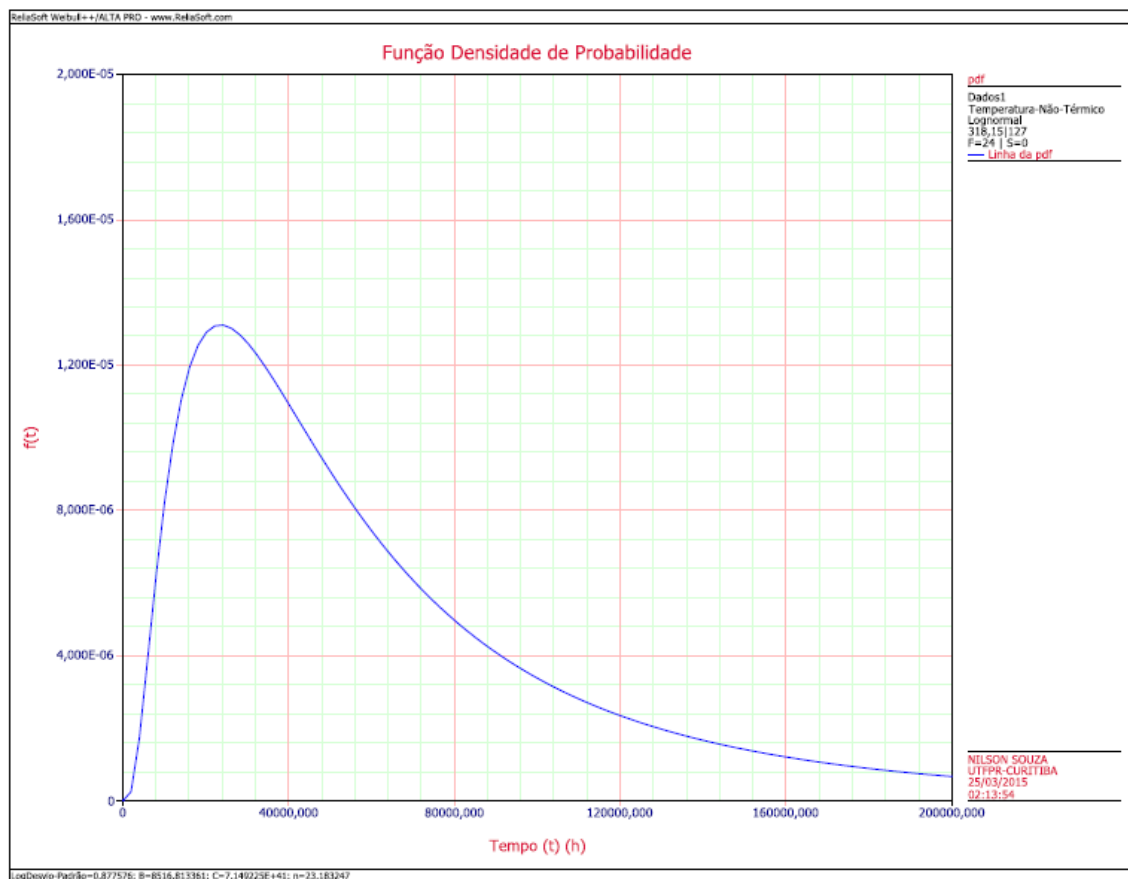


Gráfico 3 Pdf- Função densidade de probabilidade

Fonte: Software *Alta/Weibull++* - (2015)

O Gráfico 4 é denominado como gráfico de contorno, foi obtido a partir dos dados globais do ensaio realizado nos quatro níveis de estresses para cada fabricante

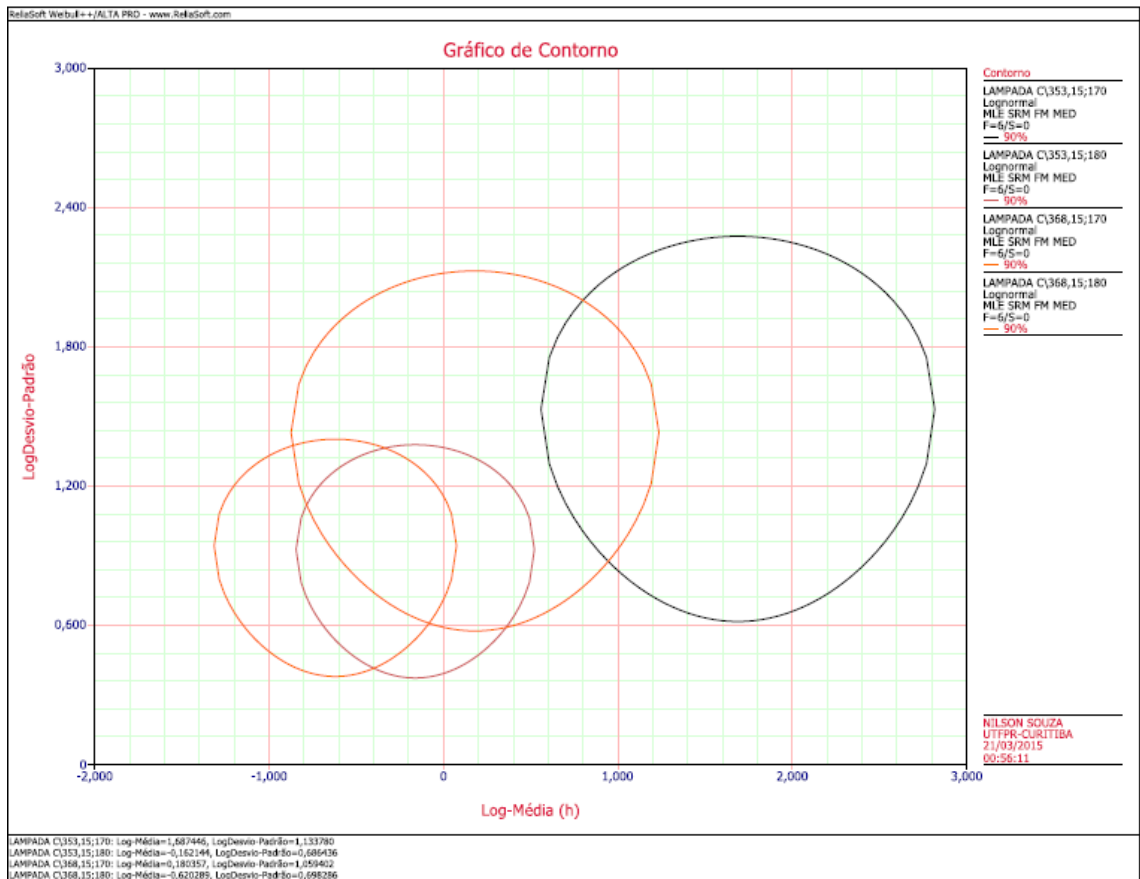


Gráfico 4 Gráfico de contorno.

Fonte: Software *Alta/Weibull++* - (2015)

Pode-se observar que há relação entre os ensaios, pois os valores dos coeficientes betas apresentam faixa de valores semelhantes e variação dos valores de eta, indicando que o ensaio realizado apresentou sinais de degradação acelerada do componente.

4. Considerações Finais

Durante a realização do ensaio acelerado várias dificuldades se apresentaram, desde a necessidade de construir os dispositivos para armazenamento de simulação de ambiente de teste, elaborar projeto e confecção de placas eletrônicas de sensores fotoelétricos para a identificação do momento da falha da lâmpada, identificar e solucionar problemas com controle da tensão aplicada nos componentes, resposta diferente entre

componentes da mesma marca durante a aplicação do estresse para identificar o limite de destruição deste entre outros.

Após a realização da coleta de dados, analisando o gráfico de contorno podemos verificar que os valores de *beta* não diferem muito entre si, logo possuem uma região comum entre eles, também verificamos que houve aceleração, pois o valor de *eta* apresenta variações entre os ensaios realizados, assegurando que ocorreu aceleração do tempo de vida do componente, porém não foi possível fazer uma relação entre o resultado do ensaio e os dados de vida mediana informados na embalagem do produto devido a quantidade de dados coletados ser muito pequena, tornando a resposta do sistema muito sensível a valores discrepantes, o que já é previsto em um ensaio prático.

Para um estudo futuro realizar um ensaio acelerado com uma amostra maior, aproximadamente 30 lâmpadas em cada nível de estresse, porém o custo seria muito elevado.

É muito importante que, para o sucesso do ensaio que as amostras sejam de um mesmo lote, pois, durante os ensaios, foram observados diferenças de tempos de falha muito grande entre os componentes o que pode ser atribuído a este fato. Outra recomendação seria realizar um ensaio específico para cada fornecedor, pois os valores limite de projeto diferem.

Outro fator determinante para realização do teste é o tempo disponível para realização do experimento, não deve ser pré-definido, pois isto leva ao operador trabalhar com valores muito elevados e muitas vezes excedendo os limites de operação do componente, invalidando os resultados obtidos e com isto, a necessidade de refazer os ensaios, aumentando o tempo de conclusão do experimento.

REFERÊNCIAS

RELIASOFT.**ALTA Version 9.0.2.1**. Tucson, Arizona:

Reliasoft Office, 2013. RELIASOFT.**Weibull++ Version**

9.0.2.1. Tucson, Arizona: Reliasoft Office, 2013.

RELIABILITY HOT WIRE, **Reliasoft. Conceitos de confiabilidade**, características da distribuição de Weibull. Brasil: Reliasoft, 2005.

REALIASOFT CORPORATION. **User´s Guide Reliasoft Weibull ++ Version 6**, [S1], 1997

SPANÓ, Cláudio. Caiani., **Apostila de Ensaios Acelerados de Vida**, curso de Engenharia de Confiabilidade pela UTFPR, 2014.

EVAN R. **Electronic Reliability: A Personal View**, IEEE Transacion Reliability, Vol 47, 329 - ., [S.1.], 1998

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR-5462, **Confiabilidade e Manutenibilidade**, Normas Técnicas Brasileiras-NBR, 1994

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR-14539, **Lâmpada fluorescente com reatorintegrado à base para iluminação geral – Requisitos de Desempenho**, Normas Técnicas Brasileiras-NBR,2000

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR-14538, **Lâmpada fluorescente com reatorintegrado à base para iluminação geral – Requisitos de Segurança**, Normas Técnicas Brasileiras-NBR, 2000

LAFRAIA, João Ricardo Barusso. **Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.