



PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO DE PRODUTO ELETRÔNICO PARA ATMOSFERA EXPLOSIVA POR SEGURANÇA INTRÍNSECA

Alessandro Zittlau Soncini¹, Anderson Alves²

Resumo: Este artigo aborda a certificação de um produto eletrônico para atmosfera explosiva usando o princípio de proteção por segurança intrínseca. Expõe a parte teórica que envolve a classificação de áreas, a formação de atmosferas explosivas de gás e vapor, e o princípio de funcionamento da segurança intrínseca. Também é especificado um produto portátil, alimentado por bateria que possui as funcionalidades de monitoramento de *transponders* RFID e envio das informações para um sistema de gerenciamento centralizado com a finalidade de controlar o fluxo de combustível de uma unidade abastecedora e prevenir furtos. O produto e suas características construtivas são discutidas juntamente com a exposição dos requisitos normativos. São abordados o processo de certificação em si, o envolvimento da certificadora e dos laboratórios de ensaios, bem como o processo de auditoria e da emissão e manutenção do certificado. De forma a exemplificar o processo, os cálculos da análise teórica são demonstrados para assegurar que os parâmetros projetados atendem aos requisitos normativos.

Palavras-chave: Segurança intrínseca. Atmosfera explosiva. Produto eletrônico.

Abstract: *This article addresses the certification process of an electronic product for explosive atmosphere using intrinsically safe principle. It covers the theory of areas classification, the gas and vapor explosive atmosphere formation, and the intrinsic safety working principle. This article also specifies a portable product, battery powered, functioning as an RFID transponder monitor and sending the information to a managerial system controlling the fuel flux of a refueling dispenser and preventing fuel theft. The product and its constructive characteristics are discussed along with the standards. This article approaches the certification process itself, the certifier and the testing laboratory involvement, as well as the audit process and the certificate emission and maintenance. To exemplify the process, a theoretical analysis calculation is demonstrated to assure that the projected parameters are within the regulatory requirements.*

Keywords: *Intrinsic safety. Explosive atmosphere. Electronic product.*

¹ Especialista em Desenvolvimento de Produtos Eletrônicos, IFSC/Florianópolis <azsoncini@gmail.com>

² Professor do Departamento Acadêmico de Eletrônica (DAELN), IFSC/Florianópolis <anderson.alves@ifsc.edu.br>

1 INTRODUÇÃO

Produtos eletrônicos destinados a operarem em atmosferas potencialmente explosivas requerem certificação compulsória desde a publicação da Portaria 179 pelo Inmetro em 2010.

Tais processos de certificação demandam a aplicação de normas internacionais traduzidas e que abrangem também o processo produtivo e não somente o projeto do produto. Pela sua extensão, quantidade de normas relacionadas à portaria, traduções ambíguas e pontos com indefinições que dão aberturas para diferentes interpretações, a

certificação torna-se custosa e morosa no ciclo de desenvolvimento de um produto com a finalidade de operar em área classificada.

O processo em si possui diversas fases e dominar cada uma delas é uma tarefa que requer um grande empenho dos projetistas e dos especialistas de qualidade. Devido a todos esses detalhes, nesse artigo serão abordadas as etapas e particularidades que envolvem a certificação de um produto eletrônico portátil, operado por baterias que agrega as funcionalidades de monitoramento de *transponders* RFID e envio das informações por comunicação sem fio para um sistema de

gerenciamento centralizado com a finalidade de controlar o fluxo de combustível de uma unidade abastecedora e prevenir eventuais furtos. O produto será certificado para operar em atmosferas explosivas de gás e vapor usando proteção por segurança intrínseca.

2 REQUISITOS NORMATIVOS

A Portaria 179 do Inmetro, publicada em 18 de maio de 2010, instituiu a certificação compulsória de equipamentos instalados em atmosferas explosivas, estando inclusos os equipamentos elétricos e eletrônicos. Nela são estabelecidos os critérios para a conformidade dos equipamentos por meio de processo de certificação de produtos. Tratando-se de atmosferas potencialmente explosivas, a segurança é o ponto focal dessa portaria e das normas apontadas nela.

Apesar da Portaria referenciar 41 normas, somente 2 delas formam o escopo desse trabalho, pois são as únicas que abordam diretamente as características de certificação e construtivas para segurança intrínseca, sendo elas a *ABNT NBR IEC 60079-0 – Atmosferas Explosivas – Parte 0: Equipamentos – Requisitos Gerais* e a *ABNT NBR IEC 60079-11 – Atmosferas Explosivas – Parte 11: Proteção de Equipamentos por Segurança Intrínseca* que trata das características de projeto do produto eletrônico. Informações de outras normas citadas na Portaria 179 serão utilizadas para o desenvolvimento desse artigo, entretanto, de forma a complementar as informações.

Deve ficar claro aqui que o entendimento da expressão “certificação compulsória” significa que não se pode comercializar produtos para atmosferas explosivas sem que estejam certificados.

3 ATMOSFERAS EXPLOSIVAS E CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS

Antes de abordar o tema central desse artigo, o leitor precisa conhecer informações básicas de como é formada uma atmosfera explosiva e como ela é classificada.

Uma atmosfera explosiva é formada quando existe a probabilidade de um combustível entrar em contato com o oxigênio. Esse combustível pode ser gás, vapor, poeira ou fibra. Para que haja fogo, além do combustível e comburente, que para esse trabalho será somente considerado o oxigênio, é necessária uma fonte de ignição, formando o triângulo do fogo, demonstrado na Figura 1.

A fonte ignitora promove o aumento da temperatura e caso esse aumento seja maior que a temperatura de combustão do elemento combustível, teremos a formação do fogo. Podemos também ter o fogo sem a necessidade de uma fonte externa de ignição quando a temperatura do

ambiente atingir um valor maior que a temperatura de autoignição do combustível. Isso significa que o fogo pode ser formado pelo simples fato do elemento combustível estar em contato com uma superfície quente ou num ambiente quente.



Figura 1 – Triângulo do fogo. Modificado de ecatalog.weg.net (2016)

Tanto o fogo quanto a explosão são produtos da combustão, diferenciáveis pela velocidade em que o processo acontece.

Dentro de uma atmosfera explosiva de gás ou vapor, existem diferentes graus de riscos relacionados à probabilidade de uma explosão acontecer e são divididos em três zonas:

- **Zona 0:** Ocorre quando a presença de uma atmosfera explosiva é permanente, como por exemplo no interior do tanque de combustível de um automóvel;
- **Zona 1:** Caracterizada pela formação de atmosfera explosiva de forma ocasional e decorrente de operações normais, como por exemplo o abastecimento de um veículo em um posto de combustível, onde o contato do bico abastecedor com a abertura do tanque precisa acontecer para que o reabastecimento seja possível;
- **Zona 2:** A atmosfera explosiva somente aparece em condições anormais e persiste por um curto período de tempo, como num vazamento;

Qualquer região que não pertença a nenhuma dessas zonas é denominada de **área não classificada**.

Caracterizar um ambiente dentro dessas 3 zonas é um trabalho que requer a análise de diversos fatores do combustível, da instalação e do ambiente. Tal análise não será abordada, contudo, a *ABNT NBR IEC 60079-10-1* detalha os critérios para a classificação de áreas.

As zonas 0, 1 e 2 são exclusivamente para a classificação de líquidos e gases do mesmo modo que para poeiras combustíveis existe uma classificação própria que não será abordada nesse trabalho, uma vez que o produto a ser certificado somente opera em ambiente de gás e vapores.

Qualquer equipamento elétrico instalado em uma atmosfera explosiva tem o potencial de se transformar numa fonte de ignição, daí surge a necessidade da existência das normas para parametrizar e restringir as características do produto a ser certificado.

Além da classificação por zonas quanto a probabilidade de existência de uma atmosfera explosiva, o tipo do combustível também é classificado em grupos de acordo com a familiaridade entre as substâncias. A norma ABNT NBR IEC 60079-20-1 classifica os líquidos e gases em 3 grupos ou famílias.

- **Grupo IIA:** Família de substâncias da amônia, acetona, **gasolina**, **gás natural**, propano e gases e vapores de risco equivalente;
- **Grupo IIB:** Família do etileno, **etanol** e gases e vapores de risco equivalente;
- **Grupo IIC:** Família do hidrogênio, acetileno e dissulfeto de carbono;

Dos itens citados acima, as substâncias do grupo IIA são consideradas menos perigosas enquanto que no IIC encontram-se as substâncias mais perigosas. A Figura 2 ilustra a relação entre os grupos, exemplificando que equipamentos preparados para o grupo IIB podem operar com substâncias do grupo IIA, mas nunca com substâncias do grupo IIC devido à elevação do risco causado por uma substância mais explosiva. Os grupos são divididos de acordo com as propriedades em relação ao seu comportamento durante um processo de explosão e da energia mínima de ignição.

Existe um paradoxo na classificação do etanol devido a possibilidade de utilizar uma norma diferente da 60079 exclusivamente para a fabricação de unidades abastecedoras, conhecidas como bombas de combustível, sendo a norma ABNT NBR 15456 utilizada nesse caso. O paradoxo reside na classificação das substâncias em cada uma das normas, pois enquanto a IEC 60079 classifica o etanol como IIB, a NBR 15456 o classifica como IIA. Isso significa que as restrições construtivas de um produto eletrônico que vá operar num ambiente com etanol são maiores do que as restrições impostas a construção de uma bomba de abastecimento que opera com o combustível no seu interior durante 100% do tempo. Tal divergência

acontece porque uma norma internacional traduzida, nesse caso IEC, desconhece a existência de outra nacional, nesse caso NBR. Além disso, uma norma não deve sobrepor informações de outra, portanto, o produto deve seguir rigorosamente os requisitos das normas do processo ao qual será submetido.

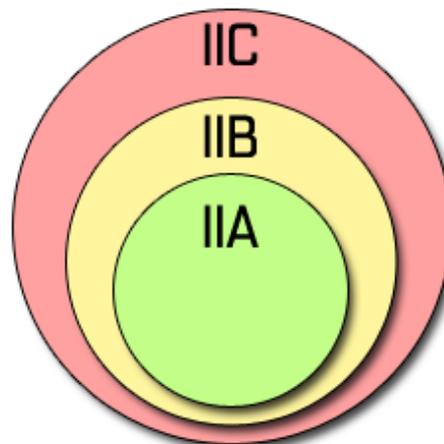


Figura 2 – Relação entre os grupos de líquidos e gases. Imagem do autor.

O último item para a classificação de áreas é a classe de temperatura, que define pontos máximos de temperatura de superfície que os equipamentos podem atingir em operação normal. Na Tabela 1 são identificadas as classes e suas características.

Uma área classificada que opera com uma substância que possui ponto de ignição maior que 450 °C será classificada como T1, significando que a temperatura máxima de superfície naquela área pode atingir os 450 graus sem comprometer a segurança. Em contrapartida, um ambiente que recebe a classificação T6 requer que os equipamentos instalados nela não atinjam temperaturas de superfícies superiores a 85 °C. Um equipamento com classificação T5 instalado em uma área com classe T6 poderia atingir os 100 °C e autoignitar a substância. Caso esse mesmo equipamento seja instalado numa área com classe T4, não trará nenhuma condição insegura uma vez que a sua temperatura superficial máxima é menor que a de ignição da substância.

Tabela 1 – Classes de temperatura para o Grupo II

| Classe | Temperatura máxima de superfície | Temperatura de ignição da substância |
|--------|----------------------------------|--------------------------------------|
| T1 | 450 °C | > 450 °C |
| T2 | 300 °C | > 300 °C |
| T3 | 200 °C | > 200 °C |
| T4 | 135 °C | > 135 °C |
| T5 | 100 °C | > 100 °C |
| T6 | 85 °C | > 85 °C |

3.1 Marcação

Tudo que é caracterizado para atmosferas explosivas e possui certificação recebe a sigla “Ex” como exemplificado na Figura 3.



Figura 3 - Chave de segurança Ex. De steute.com.br (2017).

O produto certificado recebe uma marcação que deve estar visível no corpo do produto e identifica sob quais circunstância ele pode ser instalado. A Figura 4 mostra um exemplo dessa marcação.

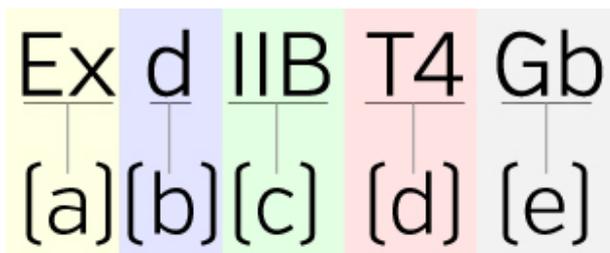


Figura 4 – Marcação de um produto certificado. Imagem do autor.

O primeiro item referenciado com a letra “(a)” identifica que a marcação é de atmosferas explosivas. O item “(b)” classifica o tipo de proteção do equipamento, que nesse exemplo é do tipo à prova de explosão que usa a sigla “d”. O terceiro item “(c)” identifica o grupo de substâncias para o qual esse equipamento está preparado para operar. O grupo IIB é da família do etileno e do etanol. O item “(d)” classifica o grau de temperatura, ou seja, a máxima temperatura de superfície que esse equipamento atinge em condições normais. O último item referenciado pela letra “(e)” identifica o nível de proteção do equipamento, traduzido do inglês *Equipment Protection level* (EPL). Essa sigla designa em quais zonas esse equipamento pode ser instalado. No caso do Gb, poderia ser instalado em Zona 1 ou Zona 2.

Ainda sobre o EPL, têm-se 3 níveis possíveis para líquidos e gases denominados Ga, Gb e Gc. Um equipamento com EPL Ga pode operar nas Zonas 0, 1 e 2. No caso de EPL Gb, nas Zonas 1 e 2. Se tiver EPL Gc, somente na Zona 2.

Tabela 2 – Tipos de proteção

| Sigla | Descrição |
|-------------------|----------------------|
| Ex d | À prova de explosão |
| Ex e | Segurança aumentada |
| Ex i (ia, ib, ic) | Segurança intrínseca |
| Ex m | Encapsulado |
| Ex q | Imerso em areia |

Na Tabela 2 é possível observar alguns tipos de proteção que podem ser empregados em equipamentos que serão certificados para operar em atmosferas explosivas.

4 PRODUTO

Um produto que será certificado para operar em atmosfera explosiva precisa definir inicialmente qual a marcação que deseja alcançar. Essa definição inicial envolve uma análise criteriosa de quais zonas espera-se que o produto opere e do tipo de proteção utilizada. É o tipo de proteção ou a união de mais tipos que definem em quais zonas será permitido instalar e operar o equipamento. Também é definido com qual grupo de substâncias poderá operar juntamente com a classe de temperatura do líquido ou gás mais restritivo com o qual se deseja trabalhar.

Essa etapa inicial impacta diretamente no projeto elétrico do equipamento e também no roteamento das trilhas na placa de circuito impresso, portanto, o momento ideal para se fazer essas definições é junto com a concepção dos requisitos do produto.

Um produto finalizado que não foi projetado levando em consideração os requisitos construtivos para esse tipo de certificação certamente deverá passar por um reprojeto para ser aprovado.

4.1 Objeto dessa certificação

De forma a ilustrar as seções futuras e trazer exemplos práticos das análises teóricas que a certificadora realiza, foi proposto então um produto que é o objeto dessa certificação. É importante salientar que o projeto do produto não é o foco desse artigo e sim o seu processo de certificação, portanto, os circuitos apresentados como sendo parte do produto não serão justificados, bem como os componentes utilizados, e devem ser vistos sob a ótica do organismo certificador que recebe a documentação e realiza os cálculos independente dos motivos que levaram o projetista a os escolher.

O objeto aqui descrito trata-se de um equipamento eletrônico portátil, operado por bateria de alta densidade, instalado diretamente no bico da unidade abastecedora de uma pista de

abastecimento comercial ou industrial, popularmente conhecido como posto de combustível ou pista de abastecimento. Possui as funcionalidades de leitura e monitoramento de *transponder* RFID instalados nos veículos de forma a identificá-los e autorizar seu abastecimento, agregando também a finalidade de prevenir o furto de combustível. A informação da identificação é transmitida para um sistema central de gerenciamento por comunicação sem fio, responsável também pelo controle do fluxo de combustível da unidade abastecedora.

A marcação pretendida para o equipamento é **Ex ia IIB T4 Ga**, ou seja, equipamento para atmosfera explosiva, protegido por segurança intrínseca para o grupo de substâncias do tipo IIB, classe de temperatura T4 e EPL Ga. De forma resumida, deverá operar com gasolina, diesel, gás natural veicular (GNV) e etanol, atingir temperaturas superficiais não maiores que 135 °C e possível de ser utilizado em Zona 0.

O produto aqui descrito possui os circuitos da bateria, *step-up* para elevar a tensão de alimentação usada no circuito de RFID, *step-down* para abaixar a tensão utilizada no circuito do microcontrolador, o circuito de RFID para a leitura dos endereços únicos dos *transponders*, circuito do microcontrolador que controla todo o sistema, o circuito da barreira de proteção intrínseca e a antena que propaga o sinal da identificação por rádio frequência. A Figura 5 mostra o diagrama de blocos do equipamento descrito acima.

Para que possa operar em atmosfera explosiva, sua bateria deve ser avaliada construtivamente e seu nível de tensão e corrente devem estar dentro dos parâmetros da norma. Todos os componentes que não possuam características lineares devem ser avaliados quanto ao aumento da tensão e da corrente. O circuito do *Step-Up* possui essas características, e para limitar seus possíveis aumentos de tensão e corrente, uma barreira foi projetada.

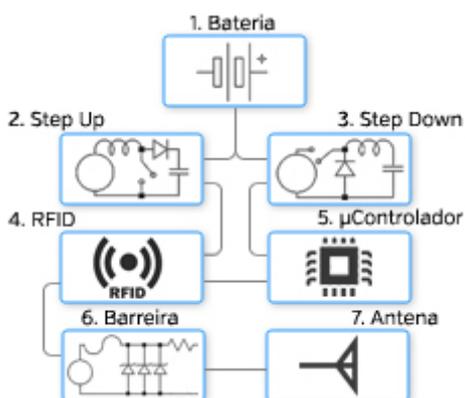


Figura 5 – Diagrama de blocos dos circuitos do produto. Imagem do autor.

4.2 Classificação do equipamento

Sendo o produto instalado no bico de abastecimento, deve-se levar em consideração quais combustíveis são utilizados num posto comercial ou numa pista de abastecimento industrial. Os principais combustíveis para essa natureza de operação são o óleo diesel, a gasolina, o gás natural veicular (GNV) e o etanol. A Tabela 3 apresenta a lista dos combustíveis e aos quais grupos de substâncias pertencem de acordo com classificação da ABNT NBR IEC 60079-20-1.

Tabela 3 – Características do Etanol, Gasolina, Diesel e GNV

| Substância | Temp. de autoignição | Grupo |
|------------|----------------------|-------|
| Etanol | 400 °C | IIB |
| Gasolina | 280 °C | IIA |
| Diesel | 254 °C | IIA |
| GNV | 540 °C | IIA |

Dentre os combustíveis trabalhados, o mais restritivo é o etanol por pertencer ao grupo de substâncias IIB, entretanto, o diesel possui a menor temperatura de autoignição restringindo a classe de temperatura para no mínimo T3.

O produto deve atender aos requisitos das substâncias aos quais será submetido em operação normal, no entanto, a responsabilidade pela verificação da aplicabilidade daquele produto àquela área é exclusiva do cliente e do profissional que realizará a instalação. Por esse motivo, os fabricantes muitas vezes optam por escolherem requisitos mais restritivos para atender uma gama maior de possibilidades, prevendo também casos em que a interpretação das zonas possa ser um impeditivo para a utilização daquele produto.

O equipamento, aqui exemplificado, por estar em funcionamento ininterrupto, passa mais tempo junto com o bico no descanso da bomba do que efetivamente dentro do bocal do veículo realizando o abastecimento. Nessa interpretação, como a maior parte da operação acontece no descanso, estaria caracterizada uma Zona 1, entretanto, o responsável pela instalação poderia interpretar que devido ao fato da operação principal do equipamento acontecer dentro do tanque do combustível, deveria ser um produto com certificação para Zona 0. Decorrente desse tipo de interpretação que a norma possibilita, o equipamento deve ser especificado para atender aos requisitos de uma Zona 0.

Cabe uma ressalva nesse momento a respeito do responsável pela instalação citado logo acima. O conjunto das normas 60079 coloca o cliente, adquirente do produto, como principal responsável

pela correta instalação. Deve estar ciente dos tipos de proteção e das proibições da norma para adquirir equipamentos adequados para sua necessidade. Se terceirizar o serviço de instalação, esse terceiro torna-se responsável e deve assumir a responsabilidade pelo trabalho realizado, assinando um prontuário de instalação informando em quais equipamentos trabalhou. O responsável pela instalação detém o conhecimento técnico necessário e deve tomar os devidos cuidados para somente usar equipamentos apropriados às zonas existentes no local, realizando a leitura e interpretando a marcação dos equipamentos. Por esse motivo, se julgar que um equipamento deveria ter certificação para operar em Zona 0 e não em Zona 1, por estar se responsabilizando pelo serviço, a tendência é sempre tomar a decisão mais conservadora.

São vários os tipos de proteções que um equipamento pode ter para operar em área classificada, mas para Zona 0 somente a Segurança Intrínseca “Ex i” e Encapsulados “Ex m”, são adequados. Combinações de mais de um tipo de proteção para Zona 1 também podem ser aceitáveis para Zona 0. A Tabela 4 mostra alguns tipos de proteção e as quais Zonas são adequadas.

Tabela 4 – Tipos de proteção e em quais zonas podem ser utilizados.

| Tipo de proteção | Zonas Permitidas |
|------------------------------|------------------|
| À prova de explosão (Ex d) | 1 e 2 |
| Segurança aumentada (Ex e) | 1 e 2 |
| Segurança intrínseca (Ex ia) | 0, 1 e 2 |
| Imerso em areia (Ex q) | 1 e 2 |

A segurança intrínseca é obtida por meio de arranjo de componentes eletrônicos e se mostra mais viável para a utilização com produtos eletrônicos, principalmente os de baixa potência, por esse motivo será o tipo de proteção escolhido nesse exemplo.

4.3 Segurança intrínseca

Num invólucro à prova de explosão “Ex d” a explosão é contida dentro do invólucro e sua propagação é limitada a níveis seguros. A segurança por encapsulamento “Ex m”, visa excluir a atmosfera explosiva do contato com o equipamento por meio de material encapsulante, como uma resina resistente, que impede a formação de faíscas ou o aumento de temperatura na superfície do equipamento. A segurança intrínseca, ao contrário

dos outros tipos de proteção, não há a tentativa de evitar a formação de centelhas ou de excluir a atmosfera explosiva, ao invés disso, a segurança é obtida pela limitação da energia a níveis suficientemente baixos durante operação normal e durante falhas preestabelecidas para não causarem a ignição da atmosfera.

Esse tipo de proteção pode acontecer em três níveis distintos denominados de “ia”, “ib” e “ic”, onde o nível “ia” pode ser empregado para as Zonas 0, 1 e 2, o nível “ib” para Zonas 1 e 2, e o nível “ic” somente para Zona 2.

A limitação de energia acontece assegurando limites para a tensão e a corrente a níveis aceitáveis de acordo com a norma ABNT NBR IEC 60079-11. A forma mais comum de se conseguir esse tipo de proteção é através da utilização de fusível, diodo Zener e resistor conforme a Figura 6.

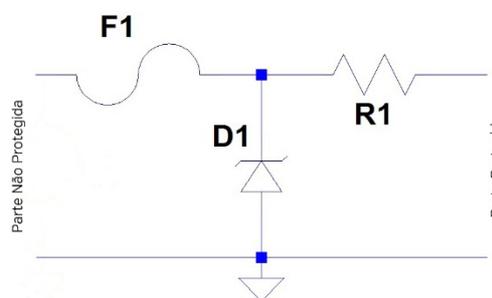


Figura 6– Esboço de circuito intrinsecamente seguro. Modificado de Jordão (1997).

A tensão da parte não protegida é limitada pela tensão zener do diodo D1 que drena a corrente excedente para a referência, mantendo a tensão no resistor R1 muito próxima de tensão zener. O resistor R1 por sua vez limita a corrente máxima que pode ser fornecida à parte protegida. O fusível F1 protege o diodo zener de estresse excessivo. Esse arranjo configura uma barreira intrinsecamente segura em que os circuitos ligados depois dela receberão uma quantidade limitada de energia.

Na categoria “ia” ao se aplicar o valor máximo de tensão de entrada “ U_m ” aplicável ao equipamento, o mesmo não deve ser capaz de causar ignição em operação normal e também com a aplicação de duas falhas contáveis e mais as falhas não contáveis que conduzem a condição mais crítica.

As falhas não contáveis são aquelas aplicadas sobre componentes que não impactam na segurança do equipamento. Circuitos integrados que executam outras funções que não tem relação com a limitação dos parâmetros para atingir os requisitos de segurança intrínseca devem ser considerados como falhas não contáveis e suas condições de falhas podem ser curto circuito, circuito aberto, ou quaisquer outras condições de falhas que possam acontecer, entretanto, sempre pensando na condição mais crítica.

São consideradas falhas contáveis os eventos de falhas sobre os componentes que impactam diretamente na proteção do equipamento, no caso da Figura 6, por exemplo, as falhas contáveis seriam aplicadas sobre o fusível, diodo e resistor.

A norma considera alguns componentes como infalíveis, que significa que estão sujeitos a somente algumas condições específicas de falhas.

Durante a análise das condições de falhas, é comum considerar a grande maioria dos componentes como curto circuitados, pois essa seria a condição mais restritiva. Todavia, deve-se analisar cada ponto do circuito caso a caso, como por exemplo um conversor chaveado elevador de tensão. Considerá-lo como circuito aberto ou um curto circuito não traz uma condição tão restritiva quanto a elevação da tensão ao patamar máximo especificado na sua folha de dados. No caso desse conversor chaveado, sua tensão máxima durante uma falha poderia atingir valores maiores que a tensão “ U_m ” considerada inicialmente, podendo gerar um erro de dimensionamento dos componentes no projeto elétrico.

4.4 Seleção dos componentes

A norma possui requisitos específicos para cada tipo de componente utilizado podendo variar de acordo com a funcionalidade que exerce no circuito. Nos subtópicos a seguir serão abordados alguns dos componentes que podem ser utilizados no projeto eletrônico.

4.4.1 Resistores

Resistores limitadores de corrente precisam ser do tipo filme ou de fio enrolado com proteção contra desenrolamento. Um resistor com essa especificação é dado como infalível e sua consideração de falha somente pode ser como circuito aberto. Tal consideração pode ser contabilizada com uma falha contável.

Adicionalmente o componente deve suportar 1,5 vez a tensão e a potência máxima que pode surgir em operação normal e sob as condições de falhas

4.4.2 Diodos

Quando utilizados como derivadores “*shunt*” devem possuir pelo menos 2 caminhos paralelos, ou seja, devem ser utilizados pelo menos dois diodos em paralelo para serem considerados infalíveis. Entretanto, a utilização de somente dois diodos requer que esses componentes sejam ensaiados. O ensaio no diodo serve para atestar que os parâmetros que o caracteriza como derivador estão conformes para cada lote da montagem do produto. Para eliminar a necessidade do ensaio, pode-se adicionar um terceiro diodo em paralelo. Dessa

forma o circuito da Figura 7 se mostra mais adequado do que aquele mostrado na Figura 6.

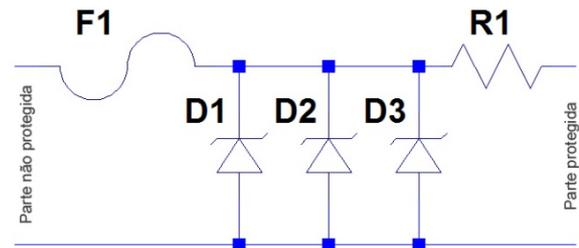


Figura 7 – Circuito de uma barreira de segurança intrínseca. Modificado de Jordão (1997).

Sendo infalíveis nessa configuração, somente o curto circuito pode ser considerado como falha no diodo e a falha de qualquer um dos caminhos deve ser contabilizado como somente uma falha contável.

Quando protegidos por um fusível, devem ser dimensionados para suportar continuamente 1,7 vez a corrente do fusível.

4.4.3 Fusível

Quando da utilização de fusíveis para proteção de outros componentes, uma corrente contínua de 1,7 vez a corrente nominal “ I_n ” deve ser considerada.

Os fusíveis possuem uma resistência a frio que pode ser usada como resistor infalível e somar ao valor do resistor limitador de corrente. A característica de tempo-corrente deve assegurar que os níveis de transientes dos componentes protegidos não sejam excedidos.

Devem suportar a tensão máxima de entrada “ U_m ” e a distância entre seus terminais deve estar de acordo com os parâmetros da norma para a tensão máxima, entretanto, micro fusíveis que estejam de acordo com a IEC 60127 são aceitáveis.

Uma ressalva precisa ser feita nessa questão dos micros fusíveis pois a norma brasileira aceita integralmente os fusíveis construídos em conformidade com a IEC 60127 - *Definitions for miniature fuses and general requirements for miniature fuses*, contudo, a norma internacional os aceita com a ressalva de terem distâncias de separação condizentes com os mencionados na norma. Essas distâncias mencionadas acima serão exploradas no item 4.5 de desenho da placa de circuito impresso.

Quando o circuito necessitar de limitação de corrente para que a capacidade de interrupção do fusível não seja ultrapassada, esse componente limitador deve ser infalível e os fatores de segurança de 1,7 e 1,5 devem ser aplicados sobre a corrente nominal do fusível.

4.4.4 Baterias

Baterias são tratadas com bastante cautela pela norma, principalmente devido ao fato das fabricadas com lítio serem explosivas. No produto definido no item 4.1, por ser portátil, há a utilização de uma bateria de íons de lítio de alta densidade de carga, na ordem de milhares de miliampère/hora. Para que possam ser utilizadas, é mandatório que sejam ensaiadas e verificadas quanto ao vazamento do eletrólito, se suportam condições extremas de operação, e seu nível máximo de tensão.

Da relação entre tensão máxima e corrente de curto circuito é definido um parâmetro de resistência interna mínima que pode ser utilizada também como resistência infalível no cálculo da limitação da corrente. Essa tensão máxima, produto do ensaio, deve ser considerada então a tensão “ U_m ” do circuito, salvo quando existirem outros componentes que possam elevar a tensão.

Quando a bateria pode ser substituída em uma atmosfera explosiva para ser recarregada, o conjunto da bateria deve ser totalmente removido junto com o seu circuito limitador de corrente. Além disso, o conjunto deve passar por um ensaio de queda. Se houver necessidade de recarregar a bateria também em área classificada, o carregador deve ser projetado e certificado para operar em atmosfera explosiva.

Na seção que trata das particularidades das baterias, não fica totalmente clara a distinção entre célula e bateria, onde o entendimento pode variar dependendo dos critérios do avaliador. Para esse processo de certificação foi considerado que célula é a estrutura virgem de um acumulador de carga, porém encapsulado e com seus polos bem definidos, como uma pilha sem a lâmina plástica que identifica seu fabricante. A bateria por sua vez refere-se ao conjunto da célula e todos os seus complementos, como invólucro, circuitos, etc, podendo conter uma ou mais células.

Se a inversão da polaridade da bateria pode invalidar a proteção intrínseca do equipamento, um diodo deve ser utilizado para a proteção. O produto exemplificado nesse artigo impossibilita mecanicamente que o encaixe da bateria ocorra com a polaridade invertida, e por esse motivo dispensa a necessidade desse diodo.

4.5 Placa de circuito impresso

A placa do produto é considerada um ponto crítico do projeto por sofrer avarias no laminado ao longo do tempo e pelo fluxo de corrente. O laminado então deve ser escolhido com bastante critério para verificar seu atendimento quanto ao requisito normativo. Diferentes níveis de tensão máxima de entrada “ U_m ” requerem diferentes níveis de proteção do laminado. Essa proteção é medida

pelo índice comparativo de resistência superficial, denominado de CTI (*Comparative tracking index*).

O CTI é um ensaio realizado no laminado e que verifica a capacidade isolante do material quanto ao aparecimento de trilhamento que é o aumento da condutividade elétrica causada pela contaminação do material (traduzido de *ASTM International*, 2012). Para um nível de tensão de “ U_m ” de 220 V por exemplo, o CTI mínimo deve ser de 175. Para tensões menores que 10 V, não há requisito de CTI mínimo, entretanto, ainda existem outros requisitos a serem atendidos.

De modo geral a espessura do laminado deve ter 1,6 mm ou maior, face simples e espessura de cobre mínimo de 33 μm , porém, se houver necessidade de utilizar parâmetros mais restritivos como espessuras menores de laminado e de cobre, fatores de segurança são usados para limitar a corrente máxima que poderia passar pela trilha. Por exemplo um produto com classe de temperatura T4 e uma placa com espessura de 1,6 mm que tem largura de trilha de 0,1 mm e espessura de cobre de 33 μm suportaria uma corrente de 1 A. Se a espessura for reduzida para 1 mm a corrente precisa ser dividida por 1,2 resultando numa corrente máxima de 833 mA. Para cada redução de parâmetro existe um fator de segurança a ser aplicado, além disso, as tolerâncias de fabricação não podem exceder 10% do valor nominal ou 1mm, o que for menor.

As definições mencionadas acima são requisitos para conformidade em relação a classe de temperatura escolhida e normalmente requerem ensaios, contudo, caso a potência máxima do circuito não exceda 1,3 W sob temperatura ambiente máxima de 40 °C não há necessidade de realização desse ensaio.

As restrições quanto às características das trilhas aplicam-se àquelas que impactam diretamente na segurança do equipamento, ou seja, interligam os componentes críticos das quais a segurança intrínseca do equipamento depende. Existem ainda restrições quanto as distâncias dos componentes na placa de forma a evitar a formação de arcos e a corrente desviar o caminho da proteção causando uma condição insegura. Da mesma forma como acontece com o CTI, níveis de tensão de entrada “ U_m ” requerem distâncias diferentes, além disso, existem tipos diferentes de separação conforme é mostrado na Figura 8.

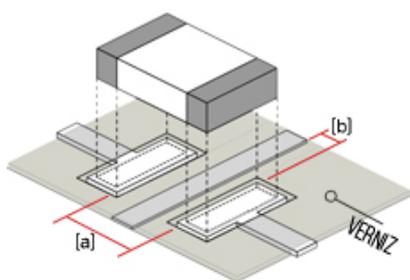


Figura 8 – Distância de isolamento (a) e distância sob revestimento (b). Modificado de Epetec.com (2017).

A distância de isolamento utiliza o ar como meio de separação entre duas partes condutivas e está sendo representada pela letra “a” na Figura 8 enquanto que a letra “b” representa a distância sob revestimento que ocorre quando a placa é revestida por algum tipo de material isolante, como um verniz. Ainda existe a distância de separação através de material encapsulante que seria uma placa totalmente resinada, a distância de escoamento, que acontece quando há algum tipo de ressalto ou rebaixo entre as partes metálicas e por último a separação por isolante sólido, acontecendo quando esse isolamento é moldado ou extrudado.

Uma placa que possui tensão de entrada “ U_m ” de no máximo 10 V requer uma distância de isolamento de 1,5 mm para a categoria de proteção “ia”, se essa mesma placa fosse revestida em resina, essa distância cairia para 0,5 mm entre as partes condutoras dos componentes que fazem parte da proteção intrínseca. Todas as distâncias estão especificadas na tabela 5 ou anexo F da norma ABNT NBR IEC 60079-11 e a utilização de cada uma delas depende diretamente do invólucro utilizado.

4.6 Invólucro e acomodação mecânica

As montagens internas nos invólucros também precisam obedecer aos critérios de distância de segurança entre partes metálicas para não invalidar a proteção. Com isso, o índice de proteção do invólucro pode ser usado de forma e tornar as distâncias menos restritivas. A montagem em um gabinete de uma placa contendo fios deve ser feita de forma que se esses fios forem justamente os de entrada e saída da parte intrinsecamente segura, devem estar separados de acordo com as distâncias normativas. De nada adianta a placa estar totalmente conforme, porém, a proximidade entre as partes vivas desses fios invalidar a proteção devido a um contato fortuito ou até mesmo um arco elétrico que seja formado na parte não segura ser passado diretamente para os fios de saída da proteção, desviando totalmente o circuito intrinsecamente seguro.

Há uma classificação para qualificar o quão bem um invólucro impede o ingresso de poeiras e

líquidos no seu interior. Essa classificação é denominada de índice de proteção (IP) e as possíveis combinações de proteção podem ser observadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Índice de Proteção contra ingresso de sólidos e líquidos

| IP | Contra sólidos | Contra líquidos (água) |
|----|----------------|----------------------------|
| 0 | Sem proteção | Sem proteção |
| 1 | > 50 mm | Gotas verticais |
| 2 | > 12 mm | Gotas com inclinação < 15° |
| 3 | > 2,5 mm | Aspersão em 60° |
| 4 | > 1 mm | Projeções |
| 5 | Partículas | Jatos direcionados |
| 6 | Proteção total | Jatos potentes |
| 7 | - | Imersão temporária |
| 8 | - | Submersão |

Os invólucros dos produtos por segurança intrínseca devem obrigatoriamente atender pelo menos ao índice IP20, que restringem a entrada de corpos sólidos com diâmetro maior que 12 mm. Para esses casos, a tabela 5 da norma 60079-11 deve ser utilizada pois possui distâncias mais restritivas. A norma possui uma tabela com valores menos restritivos no seu anexo F, entretanto, o invólucro precisa atender aos requisitos de IP54, que restringem o ingresso de partículas de poeiras e projeções de água. Gabinetes com IP20 devem passar pelo ensaio de queda enquanto que os com IP54 passam por ensaios específicos além do ensaio de queda.

A composição do material é também relevante, pois materiais plásticos são suscetíveis ao surgimento de cargas eletrostáticas que podem causar faíscas, já os metálicos podem gerar faíscas pelo atrito com outras peças metálicas. A norma não impede a utilização desses materiais, entretanto, é obrigatório que se coloque no certificado e no manual do produto informações quanto ao correto manuseio do equipamento para que essas faíscas sejam evitadas.

Nesses casos onde existe uma ressalva quanto a utilização segura do equipamento, a marcação Ex recebe a letra “X” no final do número do certificado, indicando que aquele produto possui instruções específicas de manuseio que se não seguidas, podem trazer a uma condição insegura de operação. Maiores detalhes quanto ao processo de certificação e a marcação serão abordados na sequência.

5 CERTIFICAÇÃO

De modo geral, o processo da certificação do produto para atmosfera explosiva acontece seguindo uma ordem de eventos. Inicia-se contratando um Organismo Certificador de Produto (OCP) ao qual será submetida toda a documentação técnica do produto. O OCP define o escopo de ensaios e gera a proposta já com a contratação do laboratório. Com a proposta aceita, o fabricante deve fornecer as amostras para os ensaios laboratoriais. Ao término dos ensaios, os relatórios são analisados pelo OCP que valida as informações. É feita então uma auditoria de fábrica, e estando conforme, uma prévia do certificado é emitido para validação do fabricante. Uma vez aprovado, o certificado é emitido e o produto pode ser comercializado. A Figura 9 ilustra em um fluxograma as etapas da certificação.

Nos tópicos a seguir serão detalhados cada uma dessas etapas.

5.1 Organismo certificador de produto (OCP)

O OCP é a entidade acreditada pelo Inmetro para realizar a avaliação da conformidade do produto e a manutenção do certificado emitido. Analisa a documentação submetida e intermedia a contratação do laboratório para a realização dos ensaios. É o OCP quem define todo o escopo dos ensaios e realiza a auditoria de fábrica, uma vez que se responsabiliza pela análise dos resultados e pela emissão do certificado.

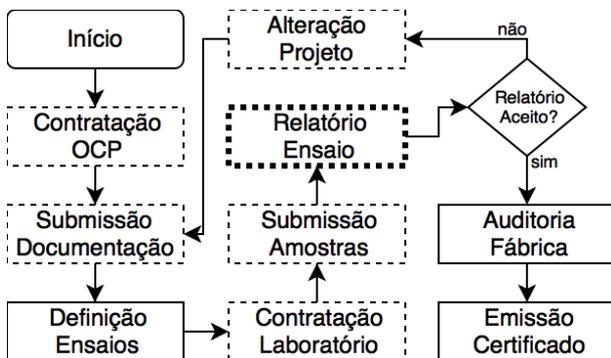


Figura 9 – Fluxograma das etapas da certificação. Imagem do autor.

5.1.1 Documentação do produto

A documentação do produto envolve o projeto como um todo, necessitando de um documento descritivo informando quais são as características técnicas, um resumo do funcionamento e a marcação Ex que se pretende obter. Adicionalmente a documentação deve conter o projeto elétrico com os esquemas de cada um dos circuitos, o projeto da placa de circuito impresso que deve conter o *layout* de cada uma das faces, o projeto mecânico contendo os desenhos técnicos para a confecção do invólucro junto com a especificação do material, a lista de

montagem das placas, o projeto da montagem onde são anexadas as instruções de trabalho para a linha de produção, os manuais de instalação e manuais do produto e por final o documento contendo as ilustrações de como o equipamento será marcado e das etiquetas nas embalagens.

Dentre todos os documentos exigidos na certificação, o projeto elétrico e a lista de materiais são os mais importantes. É a partir do projeto elétrico que o especialista irá fazer o levantamento dos parâmetros máximos de tensão, das falhas contáveis e não contáveis que serão aplicadas, dos cálculos para a análise teórica e dos ensaios a serem realizados. A lista de materiais define quais componentes devem ser montados e em quais posições da placa. Os componentes que são críticos, isto é, aqueles que impactam diretamente na segurança intrínseca devem ser especificados com a maior quantidade de atributos possíveis, recomenda-se inclusive fixar os *part numbers* dos componentes ao invés de deixá-los com uma descrição genérica. A descrição genérica dos componentes, apesar de flexibilizar a compra, requer controles adicionais no ato da compra e da inspeção de entrada para assegurar que as especificações estão sendo atendidas. Por esse motivo torna-se mais fácil definir alguns *part numbers* para os componentes críticos de forma que suas folhas de dados sejam analisadas e homologadas pelo OCP. A compra e inspeção ficam simplificadas ao código único do fabricante e não mais a um conjunto de especificações.

Os manuais de operação e instalação são importantes pois conterão informações de uso seguro e de quaisquer condições especiais de utilização, bem como as tratativas para os problemas, informações de suporte e contatos para reclamações. O manual de instalação deve estar condizente com a norma de instalação de equipamentos em atmosfera explosiva, portanto, é obrigação do projetista conhecer a ABNT NBR IEC 60079-14 que trata justamente dos detalhes e requisitos de instalação em área classificada.

O documento com as ilustrações da marcação serve para que o OCP tenha uma ideia prévia de como será feita a marcação no equipamento, que tipo de técnica será empregada para atender ao requisito de durabilidade e visibilidade. Além disso, a embalagem do produto deve estar esboçada informando a posição em que será colocada a etiqueta de segurança do Inmetro.

5.1.2 Laboratórios

Os laboratórios para realizarem os ensaios necessários devem ser acreditados pelo Inmetro para o escopo de teste requisitado. A contratação deve acontecer por intermédio do OCP para que os

resultados sejam válidos para a certificação Ex. O cliente pode contratar o laboratório por conta própria para realizar os ensaios, entretanto, não tem validade para o OCP e servem somente para que o cliente tenha uma segurança a mais de que o produto passará quando os ensaios acontecerem por requisição da certificadora.

De acordo com a Portaria 179, os ensaios devem ser realizados num prazo máximo de 60 dias após o aceite da proposta. Caso o laboratório forneça prazos maiores, há a possibilidade de contratação de outros laboratórios que possuam acreditação para outros escopos. Adicionalmente se não houverem laboratórios acreditados com competência e ferramental para a realização dos ensaios, há a possibilidade de contratação de qualquer outro laboratório, não somente brasileiros, para realizar os ensaios nos produtos, desde que a certificadora verifique que o mesmo possui equipamentos adequados para gerar resultados confiáveis.

5.1.3 Auditoria

No momento da submissão do projeto do produto à certificação é necessário escolher entre validação por ensaio amostral no lote ou pela validação do sistema de gestão da qualidade. Nesse primeiro, um percentual do lote produzido é ensaiado e o resultado replicado a todo o restante. Apesar de parecer mais simples, a cada novo lote produzido é necessário iniciar um novo processo de certificação. Por esse motivo, é mais comum optar pela validação do sistema de gestão da qualidade (SGQ) que possibilita que o produto seja fabricado continuamente independente do lote.

Na avaliação do SGQ são analisados requisitos da ISO 9001 e mais uma série de requisitos adicionais específicos de atmosferas explosivas. Desse modo, se a empresa já possui certificação ISO 9001, o escopo da auditoria é reduzido somente à parte de atmosferas explosivas.

A auditoria do sistema de gestão da qualidade visa garantir que há repetibilidade do processo fabril, e se existem tratativas para evitar que um produto certificado montado incorretamente possa ser comercializado com essa condição insegura.

Começando pela aquisição dos componentes, as especificações detalhadas dos componentes críticos que constam na lista de montagem devem estar refletidas dentro do sistema de pedido de compras, de forma que se o pedido for gerado automaticamente, traga consigo todas as informações necessárias.

A inspeção de entrada é um processo crítico e nela são verificados os controles internos e procedimentos que garantam que um componente crítico recebido com especificação diferente da

solicitada não seja direcionada para o estoque. A Portaria 179 indica as quantidades e quais parâmetros precisam ser inspecionados para cada tipo de componente. No caso de um componente crítico fora do especificado ser montado no produto, deverá ser feito *recall* imediato, pois considera-se que o produto é inseguro e em desconformidade com seu certificado.

As placas de circuito impresso que devem seguir as especificações de espessura da placa, CTI, espessura de cobre, modelo e fabricante do laminado, devem vir adicionalmente com uma declaração do fabricante da placa atestando a conformidade com essas particularidades a cada lote produzido. É essencial que sejam verificadas visualmente quanto a fidelidade em relação ao arquivo *gerber* para haver a certeza que a placa não sofreu nenhum tipo de alteração.

O *gerber* é um arquivo contendo as informações necessárias para a manufatura automatizada da placa de circuito impresso de cada camada desenhada no *software* de roteamento.

É bastante comum o fabricante da placa de circuito impresso fazer alterações pontuais no *gerber* com a finalidade de adequar a placa ao seu processo fabril. Muitas vezes essas alterações são feitas sem consultar o cliente e por serem pouco perceptíveis e por raramente serem inspecionadas visualmente, acabam sendo adicionadas ao estoque mesmo estando em não conformidade com o *gerber* original. Um desvio de trilha na área onde os componentes da proteção intrínseca são inseridos pode reduzir a distância de isolamento e invalidar a proteção pela violação da distância mínima.

Assim que um item crítico é inserido no estoque, deve haver algum controle para que, no momento da separação da ordem de produção, o componente utilizado na placa certificada seja aquele homologado e não um outro de algum lote antigo. É comum acontecer de um mesmo cadastro receber vários lotes de diferentes fabricantes e modelos, como, por exemplo, “Resistor 100 R 1/8 W SMD 0805” que pode ser utilizado em diferentes placas de diferentes produtos. Supondo que esse resistor seja um dos itens críticos da placa certificada e possua um *part number* próprio, por ter a mesma especificação, será colocado no estoque junto com os outros resistores de 100 R. No momento da separação do material para a ordem de produção, se não houver um artifício de restrição, pode acontecer do resistor separado seja de um lote que não esteja homologado para a placa certificada. A forma mais fácil de evitar que isso aconteça é criando um cadastro específico para os componentes críticos da placa e vinculando a estrutura do produto a esses cadastros únicos.

Se houver montagem terceirizada da placa com contratação do gerenciamento do estoque pelo terceiro, os itens acima precisam ser verificados na planta do terceiro. Normalmente a empresa realiza uma auditoria no terceiro e as evidências geradas são repassadas à certificadora para comprovar que os controles necessários são executados e verificados pelo prestador e que a empresa preza pelo cumprimento desses controles e realiza essas auditorias periodicamente. Caso a empresa responsável pela montagem não possua certificação ISO 9001, os requisitos da ISO devem ser evidenciados também. Por esse motivo, no que diz respeito à certificação do produto, a terceirização da montagem com empresas que possuem ISO 9001 facilita o processo.

Uma auditoria de manutenção é marcada para 18 meses após a primeira auditoria, sendo essa necessária para a manutenção da validade do certificado que é de 36 meses. Pouco antes do prazo final de validade do certificado é agendada uma nova auditoria, agora de recertificação, muito semelhante a primeira para constatar que a empresa continua cumprindo com os requisitos normativos.

5.1.4 Emissão do certificado

A certificadora tendo em mãos toda a documentação na sua versão mais atualizada e os resultados dos ensaios, tem todo o material necessário para a emissão do certificado. No certificado constam as informações do fabricante do produto, do solicitante da certificação, do nome e modelo do produto, seus parâmetros elétricos, condições especiais de utilização, a data da emissão, a marcação Ex, a lista de documentos com suas respectivas versões e o código do certificado.

Antes da efetiva emissão do certificado, a certificadora envia uma prévia para que seja conferida. Algumas informações que constam na descrição do produto podem ser alteradas para melhor refletir qualitativamente o equipamento, pois muitas vezes a certificadora acaba por escrever o texto com detalhes que possam ser considerados segredos industriais.

Assim que o certificado for emitido e assinado, o produto pode ser comercializado e seu certificado deve ser enviado junto com o equipamento.

Toda e qualquer alteração no produto e/ou documentos que estejam listados no certificado demandam que o mesmo seja revisado. Se o produto apresentar diferenças físicas ou documentais, estará em desconformidade e passível de suspensão do certificado. As revisões possuem custos de análise documental e caso a certificadora julgar necessário, solicitará alteração no orçamento para contemplar testes laboratoriais. Por esse motivo o planejamento de todas as etapas que

envolvem o projeto do equipamento deve ser estudado, pois as alterações podem ter custo muito semelhante ao pago originalmente pela certificação. Um exemplo seria uma modificação no *layout* da placa que altere a parte da proteção. Produtos que sofrem muitas customizações precisam de uma análise especializada para tentar prevê-las antecipadamente e reduzir o impacto dos custos da recertificação.

A Figura 10 mostra um recorte do certificado do produto NLDIV Wireless contendo o seu número e a marcação alcançada.

| | |
|---|--|
| Certificado Nº: Certificate Nº: | NCC 17.0088 X |
| Data de emissão inicial: Initial issued date: | 11-05-2017 |
| Data de validade: Validity date: | 11-05-2020 |
| Solicitante: Applicant: | IONICS Informática e Aut R Deputado Antônio Edu Vi Florianópolis, SC CEP: 88040-000 / CNPJ: 8 Brasil |
| Produto: Product: | NLDIV Wireless |
| Marca Comercial: Trademark | N/A |
| Tipo principal de proteção: Main type of protection: | i |
| Marcação: Marking: | Ex ia IIB T4 Ga (- 10 °C ≤ T _{amb} ≤ + 70 °C) |

Figura 10 – Trecho do certificado do produto NLDIV Wireless. Imagem do autor.

5.2 Validação teórica

Esse tópico trata das análises preliminares que podem ser feitas para verificar se os parâmetros elétricos estão dentro dos limites da norma.

Para que o equipamento portátil possa operar continuamente em área classificada, a própria bateria também necessita ter limitação de corrente por meio de resistor infalível. Dessa forma os circuitos da Figura 11 e da Figura 12 foram propostos de forma hipotética somente com o intuito de demonstrar os cálculos e as análises feitas. Deve-se considerar, portanto, que esses esquemas elétricos foram recebidos pelo OCP, o qual fará a análise dos circuitos propostos de forma independente quanto a sua adequação aos requisitos normativos.

Como já mencionado no item 4.1, os detalhes técnicos dos circuitos e os critérios para a seleção dos componentes mostrados abaixo não serão abordados, pois não pertencem ao escopo desse trabalho que tem foco no processo de certificação e não no projeto eletrônico.

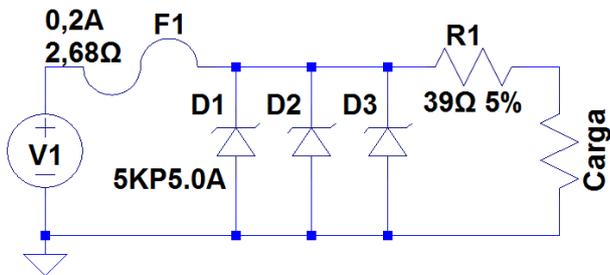


Figura 11 - Circuito projetado para segurança intrínseca do equipamento portátil.

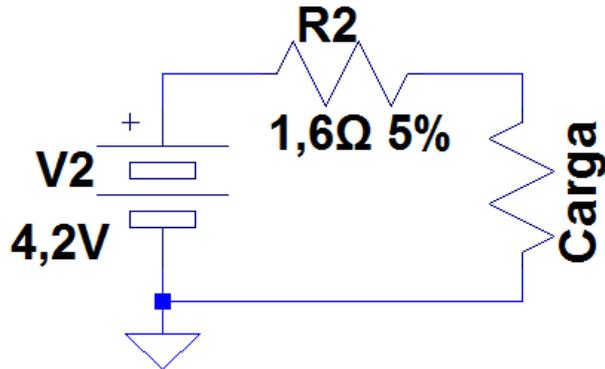


Figura 12 – Circuito projetado para a segurança intrínseca da bateria.

5.2.1 Tensão máxima do equipamento portátil.

Para a determinação da tensão máxima desse circuito (V1), é necessário inicialmente avaliar o circuito como um todo e identificar pontos em que um aumento de tensão possa acontecer em caso de falha.

Conforme apresentado no diagrama de blocos da Figura 5, há um conversor CC-CC *step-up* no circuito que está aumentando a tensão da bateria para alimentar outros circuitos. Considerando que esse tipo de conversor chaveado possui um arranjo de resistores para definir a tensão de saída, deve-se avaliar se a abertura ou curto-circuito desses resistores pode elevar a tensão a um patamar maior do que aquele definido para a operação normal desse componente. No conversor CC-CC NCP1403, por exemplo, ao considerar então alguma falha nos resistores de realimentação, ele poderia gerar uma tensão de saída de 16 V de acordo com a sua folha de dados apresentada na Figura 13 e referenciada pelo parâmetro “ V_{LX} ”. Esse aumento de tensão de 4,2 V para 16 V requer que uma barreira seja colocada depois da sua saída para proteger o restante do circuito. A barreira por sua vez deve ser projetada para suportar a tensão máxima desse circuito.

Sabendo então que a barreira só existe devido à possibilidade do conversor CC-CC *step-up* gerar uma tensão mais alta que a da bateria, passa-se agora para a análise da limitação de tensão dessa barreira de segurança intrínseca.

MAXIMUM RATINGS

| Rating | Symbol | Value | Unit |
|------------------------------|----------|--------------|------|
| Power Supply Voltage (Pin 3) | V_{DD} | -0.3 to 6.0 | V |
| Input/Output Pin LX (Pin 5) | V_{LX} | -0.3 to 16.0 | V |
| LX Peak Sink Current | I_{LX} | 600 | mA |
| FB (Pin 2) | V_{FB} | -0.3 to 6.0 | V |

Figura 13 – Parâmetros do conversor NCP1403. De onsemi.com (2007).

A limitação de tensão ocorre por intermédio dos diodos 5KP5.0A encontrados nas referências D1, D2 e D3 da Figura 11, portanto, deve-se considerar o limite máximo de atuação desses componentes. O parâmetro aqui selecionado deve ser sempre o que proporcione a maior restrição, que no caso particular de um diodo do tipo supressor de transiente é o *Clamping Voltage*, entretanto, nessa condição a tensão é de 9,2 V e a corrente drenada pelo componente seria de 554,3 A, à qual seria um valor impraticável no circuito. Outro parâmetro que poderia ser utilizado é o *Breakdown Voltage*, com tensão de 7,0 V, contudo, sua corrente de teste é de 50 mA e não traz a característica mais restritiva.

Para determinar então a tensão máxima, deve-se encontrar a equação da tensão pela corrente. Como a curva do diodo TVS é exponencial, e nem sua equação e nem sua representação gráfica exponencial estão disponíveis, uma extrapolação linear deverá ser feita para gerar uma reta que resultará em valores mais restritivos do que a exponencial.

Para encontrar a equação dessa reta, foram considerados os valores citados anteriormente como sendo os pontos A(7,0 V, 0,05 A) e B(9,2 V, 554,3 A). A equação 1 mostra a equação da reta para esses dois pontos.

$$V = \frac{I + 1763,4727}{251,9318} \quad [1]$$

Com o fusível F1 com corrente nominal de 200 mA e aplicando os fatores de segurança de 1,7 para o fusível e mais 1,5 como fator geral conforme apontado no item 4.4.3, haverá uma corrente final de 510 mA. Ao aplicar essa corrente na equação 1, encontra-se o valor de tensão de **7,0018 V**

5.2.2 Corrente máxima do equipamento portátil

A corrente de saída do circuito deve ser calculada e seu resultado comparado com os limites da “Tabela A.1” presente na norma ABNT NBR IEC 60079-11.

No circuito da Figura 11 têm-se duas resistências infalíveis, sendo a primeira a resistência à frio do fusível com o valor de 2,68 Ω e a segunda o resistor R1 com o valor de 39 Ω. Para calcular o pior caso, utiliza-se a tolerância do resistor R1 de 5 % a menor, resultando em 37,05 Ω.

A resistência equivalente do circuito será a soma do R1 mínimo com a resistência à frio do fusível, totalizando 39,73 Ω .

Quando a equação 2 é aplicada, haverá a divisão da tensão máxima de 7,0018 V pela resistência equivalente de 39,78 Ω , resultando numa corrente de 176 mA ainda sem a aplicação o fator de segurança exigido pela norma.

$$V = R * I \quad [2]$$

Ao ser aplicado o fator de segurança de 1,5, será obtido o valor arredondado de **264 mA** de corrente máxima.

A Tabela 6 indica os valores de corrente máximos permitidos para alguns níveis de tensão, de acordo com a “Tabela A.1”, e ao ser utilizada verificamos que não há valores de corrente para a tensão de 7 V, portanto, deve-se usar o primeiro valor especificado que é de 5000 mA. Como a corrente calculada do circuito é menor que os 5000 mA estabelecidos pela norma, esse circuito pode ser avaliado como intrinsecamente seguro em relação à ignição por faísca.

Tabela 6 – Corrente de curto-circuito permitida para o grupo IIB

| Tensão | Corrente |
|--------|----------|
| 13,3 V | |
| 13,4 V | |
| 13,5 V | 5000 mA |
| 13,6 V | 4860 mA |

5.2.3 Potência dos componentes do equipamento portátil.

Para determinar a potência dos componentes, utiliza-se a corrente do fusível que é 200 mA. Conforme especificado no item 4.4.3, aplica-se o fator de segurança para o fusível que é de 1,7, resultando em 340 mA.

$$P = V * I \quad [3.1]$$

$$P = I^2 * R \quad [3.2]$$

No caso do resistor R1, antes de calcular a potência, aplica-se a tolerância positiva da resistência para gerar o valor mais restritivo, resultando em 40,95 Ω . Ao aplicar a Equação 3.2 será obtido o valor de 4,733 W. Aqui também deve-se aplicar um fator de segurança de 1,5 resultando na potência de 7,10 W. Isso significa que o resistor R1 precisa suportar continuamente pelo menos a potência de **7,10 W**.

No caso dos diodos D1, D2 e D3, utiliza-se a corrente do fusível com o fator de correção que corresponde ao valor de 340 mA juntamente com a

tensão máxima de 7,0018 V. Calcula-se a potência utilizando a equação 3.1 resultando em 2,38 W e depois aplica-se o fator de segurança de 1,5. O cálculo final da potência nos diodos é de **3,57 W**. O *part number* indicado no circuito possui uma potência máxima de 8 W segundo sua folha de dados e está adequado.

5.2.4 Corrente máxima do circuito da bateria

Aqui se repetem os cálculos realizados no 5.2.2

No circuito da Figura 12 tem-se uma resistência infalível (R2) com o valor de 1,6 Ω . Para o cálculo da corrente, utiliza-se a tolerância de 5 % a menor, resultando em 1,52 Ω .

A tensão da bateria utilizada aqui com valor de 4,2 V é o valor máximo encontrado durante os ensaios, e é proveniente da relação da corrente de curto circuito com a impedância interna da bateria.

Ao aplicar a equação 2 haverá a divisão da tensão máxima de 4,2 V pela resistência mínima de 1,52 Ω , resultando numa corrente de 2,76 A

A norma exige que um fator de segurança de 1,5 seja aplicado sobre o valor da corrente encontrada, portanto, encontra-se o valor máximo da corrente de 4,14 A para o circuito da bateria.

A tensão da bateria é de 4,2V, entretanto, os valores na Tabela 6 iniciam somente em 13,5 V. Isso significa que para valores de tensão menores que 13,5 V, deve-se sempre considerar o primeiro valor de corrente disponível, ou seja, 5000 mA. Ao comparar os **4140 mA** calculados com os 5000 mA, tem-se que a corrente calculada está abaixo do limite da norma, portanto, pode ser avaliada como intrinsecamente seguro em relação à ignição por faísca.

5.2.5 Potência dos componentes do circuito da bateria.

O cálculo é idêntico ao realizado no item 5.2.3, utilizando o valor da resistência R2 de 1,6 Ω e corrigindo seu valor para a tolerância positiva, resultando em 1,68 Ω .

Para esse caso, como não há o fusível, utilizamos a corrente de 2,76 A calculada no item 5.2.4, que é a máxima corrente que passará pelo resistor.

Aplica-se inicialmente a equação 3.2 resultando numa potência de 4,64 W e aplica-se o fator de segurança de 1,5 gerando um resultado final de 6,96 W. O resistor R2 do circuito da bateria deve suportar pelo menos **6,96 W** continuamente.

A Tabela 7 mostra o resumo dos valores calculados para os componentes dos circuitos e os valores previamente especificados. Constata-se, portanto, que as potências especificadas são adequadas.

Tabela 7 – Valores calculados e especificados das potências dos componentes

| Componente | Potência Calculada | Potência Especificada |
|------------|--------------------|-----------------------|
| R1 | 7,10 W | 10 W |
| D1, D2, D3 | 3,75 W | 8 W |
| R2 | 6,96 W | 7 W |

5.2.6 Distâncias de separação.

Para o nível de tensão encontrado de 7,0018 V, recorre-se à “Tabela 5” da ABNT NBR IEC 60079-11, mostrada na Figura 14, que define a distância de isolamento em 1,5 mm para o nível de proteção “ia” e nível de tensão de 10 V, que é o menor valor de tensão disponível. A Figura 15 mostra o desenho da placa de circuito impresso para o circuito da Figura 11, evidenciando no círculo apontado pela seta um ponto em que há a violação dessa distância.

| Tensão V | Distância de Isolação mm | |
|-------------|-----------------------------|-----|
| | ia, ib | ic |
| 10 | 1,5 | 0,4 |
| 30 | 2,0 | 0,8 |
| 60 | 3,0 | 0,8 |
| 90 | 4,0 | 0,8 |

Figura 14 – Trecho da Tabela 5 da ABNT NBR IEC 60079-11 mostrando a distância de isolamento. Modificado de ABNT NBR IEC 60079-11 (2013).

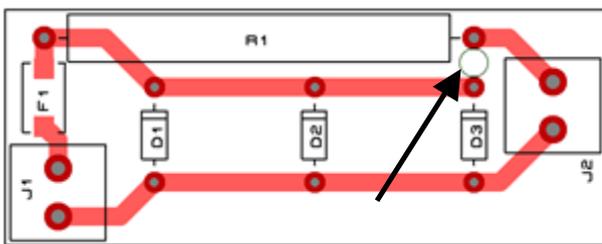


Figura 15 – Desenho da parte da barreira do equipamento portátil. Imagem do autor.

A Figura 16 mostra em detalhes a violação da distância de isolamento, onde os anéis de cobre das duas ilhas possuem distâncias entre si menores que 1,5 mm, invalidando a proteção pela possibilidade de criação de arco elétrico e com isso colocar em curto circuito o resistor R1, conectando diretamente o diodo D3 ao conector de saída J2. Essa distância, portanto, deve ser corrigida para espaçar as duas ilhas com uma distância maior que 1,5 mm. Essa análise deve levar em consideração os componentes que impactam diretamente na proteção, por esse motivo, os conectores J1 e J2 são ignorados, uma vez que no J1 ainda não há qualquer tipo de

proteção e no J2 tem-se a parte protegida do circuito.

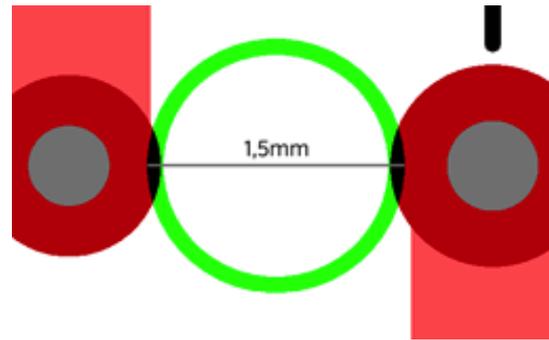


Figura 16 - Detalhe da violação da distância entre o diodo D3 e o resistor R1. Imagem do autor.

Para o circuito da Figura 12, uma análise análoga deve ser feita, porém, mais simples do que essa mostrada acima devido ao resistor R2 ser o único componente crítico.

6 CONCLUSÃO

O processo de certificação demonstrado nesse artigo visa sintetizar e consolidar as informações referentes às normas para segurança intrínseca de equipamentos eletrônicos. Ainda assim, há uma vasta gama de tópicos relevantes a serem abordados das mais diversas características construtivas e de fabricação que não pertencem ao escopo do trabalho.

Foram apresentados aqui os pontos mais relevantes a esse tipo de certificação, contemplando brevemente a teoria de áreas classificadas, aprofundando nas particularidades dos componentes e suas restrições, e realizando o acompanhamento passo a passo das validações teóricas que o projetista pode fazer antes de submeter seu equipamento ao processo.

Lembrando novamente que as etapas mostradas são referentes ao produto descrito laconicamente no item 4.1 e alterações do projeto como variações no tipo da bateria e até a sua substituição por uma fonte de alimentação requerem uma análise completa, incluindo os fatores de segurança aplicados nos cálculos.

Apesar de toda a complexidade que envolve a certificação de um produto, acredita-se que o trabalho aqui desenvolvido teve seu objetivo alcançado ao tratar de forma sucinta cada etapa e trazendo interpretações concretas de pontos passíveis de ambiguidade, além de trazer exemplos práticos das análises teóricas que contribuem para que esse material possa ser usado como um pequeno guia e um ponto de partida para desenvolvimento de produtos eletrônicos para o escopo de certificação por segurança intrínseca.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **IEC NBR 60079-0**: Atmosferas Explosivas Parte 0: Equipamentos – Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **IEC NBR 60079-11**: Atmosferas Explosivas Parte 11: Proteção de equipamento por segurança intrínseca. Rio de Janeiro 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **IEC NBR 60079-20-1**: Atmosferas Explosivas Parte 20-1: Característica das substâncias para classificação de gases e vapores – Métodos de ensaio e dados. Rio de Janeiro 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15456**: Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis – Construção e ensaios de unidades abastecedoras. Rio de Janeiro 2016.
- INMETRO. **Portaria n.º 179**, de 18 de maio de 2010. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/>>. Acesso em: 8 ago. 2017.
- STEUTE. **Imagem do produto Ex STM 295 - Chaves de segurança Ex com bloqueio**. Disponível em: <<http://www.steute.com.br/>>. Acesso em: 8 ago. 2017.
- WEG. **Cartilha de atmosferas explosivas**. Disponível em: <<http://ecatalog.weg.net>>. Acesso em: 8 ago. 2017.
- EPETEC. **Soldemask design basics**. Disponível em: <<http://www.epectec.com/>>. Acesso em: 8 ago. 2017.
- SINDBOMBEIROSDF. **Termodinâmica da Combustão**. Disponível em: <<https://www.sindbombeirosdf.org/>>. Acesso em: 8 ago. 2017.
- HERCO CONSULTORIA DE RISCO. **Instalações elétricas em atmosferas explosivas, módulos I, II e III**. Joinville, set. 2013.
- LITTELFUSE. **Folha de dados do 5KP5.0A**. Disponível em: <<http://m.littelfuse.com/>>. Acesso em 8 ago. 2017.
- ONSEMI. **Folha de dados do NCP1403**. Disponível em: <<http://www.onsemi.com/>>. Acesso em 8 ago. 2017.
- DÁCIO DE MIRANDO JORDÃO. **Manual de instalações elétricas em indústrias químicas, petroquímicas e de petróleo: atmosferas explosivas**. Rio de Janeiro 1997
- ASTM INTERNATIONAL. **Standard Test Method for Comparative Tracking Index of Electrical Insulating Materials**. West Conshohocken, Pensilvânia, 2012.