

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO DO CÂMPUS CURITIBA
ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO DO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

ANDRÉ NOVACKI

PROPOSTA DE FERRAMENTA PARA A CRIAÇÃO DE POKA
YOKES DE PRODUTO DURANTE O PROCESSO DE
DESENVOLVIMENTO

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2014

ANDRÉ NOVACKI

**PROPOSTA DE FERRAMENTA PARA A CRIAÇÃO DE POKA
YOKES DE PRODUTO DURANTE O PROCESSO DE
DESENVOLVIMENTO**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Gestão do Desenvolvimento de Produtos, da Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação do Câmpus Curitiba, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Cziulik

CURITIBA

2014

RESUMO

NOVACKI, André. **Proposta de ferramenta para a criação de poka yokes de produto durante o processo de desenvolvimento**. 2014. 25p. Monografia (Especialização em Gestão do Desenvolvimento de Produtos) – Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação do Câmpus Curitiba, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Poka Yokes são mecanismos que impedem erros no manuseio do produto pelo usuário, bem como impedem erros de montagem de componentes durante seu processo de fabricação. No entanto, não existe uma sistemática para alocação desses mecanismos, e a bibliografia existente raramente aborda esse tema. A ferramenta proposta no artigo oferece um método para alocação de poka yokes durante o PDP (na etapa conceitual do projeto), com o objetivo de melhorar a tomada de decisão quando da alocação do poka yoke de produto. A ferramenta oferece potencial ganho de tempo durante o desenvolvimento, pois a alocação do mecanismo é realizada na fase de concepção de ideias. Muitas vezes o dispositivo poka yoke é alocado quando o produto está em vida série ou em fase de testes de validação. A aplicação descritiva da ferramenta proposta ocorre a partir da análise reversa de dois produtos existentes. Os resultados preliminares indicam que o método sugerido é válido. Nas duas situações propostas para validação (estilete e tomada), o resultado esperado foi atingido e validado. Quando da aplicação no estilete, uma nova função foi criada, objetivando aumentar a segurança durante o uso do produto. Na tomada foi implementado um material isolante, evitando o choque elétrico no usuário.

Palavras-chave: Desenvolvimento de Produto, Poka Yoke, Mecanismo Anti-Erro, Comportamento do usuário, prova de erros.

ABSTRACT

NOVACKI, André. **Motion tool for creating poka yokes product during the development process**. 2014. 25p. Monograph (Specialization in Product Development Management) - Director of Research and Graduate Campus of Curitiba, Federal Technological University of Paraná.

Poka Yokes are mechanisms that prevent errors in the handling of the product by the user and prevent component assembly errors during its manufacturing process. However, there is a system for allocation of these mechanisms, and the existing literature rarely addresses this issue. The proposed tool in the article offers a method for allocating poka yokes during the PDP (in the conceptual design stage) in order to improve decision making when allocating poka yoke product. The tool offers potential gain of time for developing, for the allocation mechanism is held at the design stage of ideas. Often the poka yoke device is allocated when the product is in life series or validation testing. Descriptive implementation of the proposed tool occurs from the reverse analysis of two existing products. Preliminary results indicate that the proposed method is valid. In both cases proposed for validation (stylus and outlet), the expected result was achieved and validated. When applying the stylus, a new position was created, aiming to increase security while using the product. In making it was implemented an insulating material, preventing electrical shock to the user.

Keywords: Product Development, Poka Yoke, Anti- Error Mechanism, user behavior, error-proof.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – ETAPA CONCEITUAL.....	11
FIGURA 2 – SELEÇÃO DA SIGNIFICÂNCIA.....	12
FIGURA 3 – FLUXOGRAMA PARA ANÁLISE DO COMPORTAMENTO GERAL.....	14
FIGURA 4 – FLUXOGRAMA PARA DEFINIÇÃO DE PY.....	15
FIGURA 5 – ESTILETE SEM PY.....	16
FIGURA 6 – DIAGRAMA DE FUNÇÕES ESTILETE.....	17
FIGURA 7 – DIAGRAMA DE CRIAÇÃO DO PY PARA O ESTILETE.....	18
FIGURA 8 – NOVO DIAGRAMA COM PY.....	18
FIGURA 9 – ESTILETE COM PY.....	19
FIGURA 10 – TOMADA SEM PY.....	20
FIGURA 11 – POLEGAR ENCOSTANDO.....	20
FIGURA 12 – DIAGRAMA DE FUNÇÕES TOMADA.....	21
FIGURA 13 – DIAGRAMA DE CRIAÇÃO DE PY PARA A TOMADA.....	22
FIGURA 14 – DIAGRAMA DE FUNÇÕES COM PY.....	22
FIGURA 15 – TOMADAS COM PY E SEM PY.....	23

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	06
2 DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS E PY: CONTEXTO.....	08
3 DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA.....	10
3.1 Premissas para aplicação.....	10
3.2 Caracterização da metodologia referencial.....	11
3.2.1 Etapa 1 – Descrição.....	11
3.2.2 Etapa 2 – Desenvolvimento.....	14
4 APLICAÇÃO DESCRITIVA REVERSA.....	16
4.1 Aplicação 1.....	16
4.2 Aplicação 2.....	19
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	24
REFERÊNCIAS.....	25

1 INTRODUÇÃO

Dentre os diversos livros e artigos que abordam o tema de desenvolvimento de produto (Back, et al. 2008; Pahl, et al. 2005; Rozenfeld, et al. 2006), a utilização de mecanismos que impedem erros na montagem dos componentes durante o processo de fabricação do produto e mesmo no uso do produto pelo cliente é raramente explorada pelos autores. Esses mecanismos são chamados de *Poka Yoke*, criado nos anos 60 no Japão visando o zero defeito. Segundo Figueiredo (2010 apud GHINATO, 1994) “no Japão do início do século XX, Sakichi Toyoda inventou o que pode ser considerado o primeiro dispositivo *Poka Yoke*: um mecanismo que, acoplado ao tear, era capaz de identificar o rompimento de um fio ou o atendimento da quantidade de tecido a ser produzida, paralisando a operação imediatamente. Esta singela invenção possibilitou que vários teares fossem operados por um único trabalhador, o que representou uma grande vantagem competitiva há época”.

Atualmente alguns autores se referem a esses mecanismos *Poka Yoke* como *mistake proofing* (Grout, 2007), *medical design error proofing* (Grout, 2007) e *error proofing* (Norman, 1988; Lockton, 2009, 2013).

De acordo com Pahl et al. (2005, p. 4) “o setor de desenvolvimento e projeto tem importância capital na geração e continuação do desenvolvimento de um produto”. Segundo Polyana (2010, p. 15) “com a competição global para desenvolver e produzir com mais eficácia e eficiência produtos inovadores e com excelência de qualidade é necessário reduzir os custos com retrabalho ocasionado por erros”.

Sem a existência de uma metodologia para alocação no produto, desses mecanismos, a sua implantação é realizada de acordo com a experiência do engenheiro projetista, de acordo com as lições aprendidas em projetos passados e no conhecimento adquirido quando da ocorrência dos erros durante a vida série dos produtos e mesmo durante o seu processo de fabricação. Quando da ocorrência de erros durante o processo de fabricação é necessário corrigir o problema ou sucatear o componente (Slack, 1993). Esses erros acarretam custos para as empresas, como retrabalhos, paradas nas linhas de produção e *recall* de produtos (Polyana, 2010). Quando produtos não funcionam corretamente e não atingem as expectativas dos clientes durante o uso devido ao seu desenvolvimento falho os custos para a empresa

são ainda maiores. Com isso faz-se necessária a criação de uma metodologia para aplicação dos mecanismos *Poka Yoke* durante o desenvolvimento do produto.

O artigo apresenta uma ferramenta para aplicar mecanismos *Poka Yoke* durante o desenvolvimento do produto, visando reduzir a deficiência apresentada. Para tanto, conduziu-se um estudo dos trabalhos relevantes referentes a esse tema e foi modelado um esboço de uma ferramenta para alocação dos mecanismos, estabelecendo uma relação entre funções e subfunções. E, ao final da análise, sugerindo um direcionamento para o projetista influenciar a utilização do produto pelo usuário, com exemplos de como *Poka Yoke's* similares foram implementados em situações análogas. O artigo irá focar nos mecanismos *Poka Yoke* de produto que interferem no uso do produto pelo usuário, ou seja, que interferem na relação produto-usuário e no comportamento do usuário.

Nas próximas seções serão explanados os critérios adotados para aplicação da ferramenta, o fluxograma para aplicação e uma validação do método num produto existente no mercado.

2 DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS E PY: CONTEXTO

Para o início do estudo, o trabalho desenvolvido por Figueiredo (2010) foi examinado. Na tese a autora determinou em qual fase do desenvolvimento seria utilizada a ferramenta elaborada por ela e como seria alocado esse *poka yoke*. A dissertação trabalha com uma ponderação de critérios e consequente pontuação sobre a necessidade de *poka yoke* no produto, ponderação essa realizada pelo projetista, de acordo com critérios estabelecidos no modelo proposto.

Shingo (1986) compilou 240 exemplos de *poka yoke's* implementados na indústria japonesa, visando a geração de idéias para situações análogas encontradas na manufatura. A estratégia demonstrada aloca *Poka Yoke's* de processo durante a fabricação do produto utilizando diversas técnicas já conhecidas pela indústria, como sensores, batentes mecânicos, atuadores pneumáticos, modificações em dispositivos de montagem, diferenciação em componentes utilizados na mesma do processo (parafusos), entre outros. Grout (2007) compilou inúmeros exemplos de *poka yoke*. Porém, não estabeleceu uma metodologia para sua aplicação no desenvolvimento de produtos industriais. O trabalho realizado por Grout (2007) foi a elaboração de um livro com uma metodologia para aplicação no ramo da medicina, desde o desenvolvimento de máquinas com dispositivos que evitassem os erros cometidos pelos profissionais da medicina até a aplicação de *mistakeproofing* (prevenção ou detecção) em processos médicos dentro dos hospitais, utilizando técnicas, ferramentas e exemplos oriundos da manufatura.

Como o objetivo do artigo é propor uma ferramenta para alocar *Poka Yoke* de produto durante o seu desenvolvimento e foram poucos os trabalhos encontrados sobre esse tema na área de engenharia mecânica, a pesquisa foi estendida para áreas fora da engenharia e da manufatura, visando estudar metodologias que pudessem ser empregadas no processo do desenvolvimento de produto.

No design de produtos foram encontrados livros e artigos que estudavam o comportamento do usuário e criavam produtos visando especificamente o comportamento objetivo determinado pelo projetista. Norman (1988) foi quem primeiro estabeleceu a *forcing function* (*interlock, lock-in, lock-out*) como uma característica do produto que impede o erro do usuário. O autor citou como exemplo o uso do cinto de segurança. Caso o cinto não estivesse na posição correta para uso efetivo (afivelado no suporte) o carro não iria funcionar.

Por sua vez Lockton (2009, 2013) criou uma metodologia (kits ilustrativos) visando identificar um comportamento objetivo do usuário, com aplicação em diversas áreas dentre elas o design de produtos e sistemas, arquitetura e arquitetura urbana, *lay-out*, engenharia, entre outros. Nesse contexto, foi estudada a relação entre usuário e produto. Um exemplo citado pelo autor é o intertravamento da porta do micro-ondas com o seu funcionamento. Assim, caso a porta esteja aberta, o funcionamento do micro-ondas não é habilitado (*interlock*), sendo necessário que o usuário realize uma ação (fechar porta) para habilitar o funcionamento do produto. Essa inter-relação de funções acabou persuadindo o usuário a utilizar o micro-ondas da forma correta, ou seja, sempre com a porta fechada.

Argumenta-se que todo design tem a intenção de influenciar o comportamento do usuário (Redstrom, 2006 apud Lockton, 2009), com o pressuposto que existem “*scripts*” sociais já estabelecidos pelos produtos correntes. Por exemplo, uma cadeira em frente a uma estação de trabalho é feita para sentar e trabalhar. Caso o projetista crie um produto visando um comportamento ou uso diferente do normal, o usuário pode não atingir esse objetivo, pois o comportamento do usuário frente a um produto desconhecido é realizado de acordo com as suas próprias intenções e conhecimento, demonstrando que o uso esperado pelo projetista não é realizado pelo usuário.

Usuários utilizam o mesmo produto de diferentes formas e ainda atingem o resultado esperado (Kanis, 1998 apud Lockton, 2009). Portanto, é necessário estudar durante o projeto, o contexto de aplicação e o conhecimento do usuário para que o comportamento objetivo seja realizado pelo usuário. Em situações críticas que envolvem segurança o comportamento do usuário deve estar de acordo com o comportamento desejado pelo projetista, o resultado de um erro nunca é aceitável (Cox, 2008 apud Lockton, 2009).

Não se buscou estudar o comportamento humano com a intenção de estabelecer uma relação causa e efeito entre o produto e o comportamento do usuário, ou mesmo estudar a heurística relacionada ao comportamento das pessoas, somente direcionar o projetista na alocação de *Poka Yoke's* durante o processo de desenvolvimento.

3 DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA

O ponto de partida para a criação da ferramenta envolveu como estabelecer um método para aplicação de *poka yoke's* durante o desenvolvimento do produto, uma vez que esse mecanismo é amplamente utilizado pela indústria. A ferramenta não visa substituir a experiência e o conhecimento do projetista adquirida durante os anos, mas sim auxiliar o projetista com pouca ou nenhuma experiência estabelecendo um simples método de concepção de *poka yoke*, utilizando exemplos existentes nos produtos disponíveis no mercado. A ferramenta apenas estabelece uma ideia para criação de um mecanismo utilizando uma solução análoga criada por projetistas experientes, utilizando o trabalho realizado por profissionais de outras áreas. O exemplo exposto pela ferramenta não significa a solução definitiva, mas apenas um auxílio para a seleção da solução do elemento que demanda o *poka yoke*.

Em um primeiro momento, serão estabelecidas as premissas para aplicação da ferramenta, em qual etapa do processo de desenvolvimento a ferramenta poderá ser aplicada, seguindo da apresentação do diagrama de tomada de decisão referente à inter-relação das funções ou subfunções e finalizando com o diagrama final para direcionamento do mecanismo a ser elaborado.

3.1 Premissas para aplicação

Com o aprofundamento do estudo, fica claro que é necessária a criação de uma ferramenta para alocação de *Poka Yoke's* durante o desenvolvimento do produto. Sendo assim, para o intento do trabalho será necessário estabelecer premissas para aplicação da ferramenta, sendo elas:

- a) Utilizar a metodologia Pahl et al. (2005);
- b) Desenvolvimento deve estar na etapa de concepção;
- c) O diagrama de funções deve estar finalizado;
- d) O diagrama de funcionamento deve estar finalizado;
- e) As funções e subfunções que serão submetidas a análise do diagrama de tomada de decisões deverão ter interação com o usuário.

3.2 Caracterização da metodologia referencial

Como já foi abordado anteriormente a proposta do artigo tem como base a metodologia desenvolvida por Pahl et al. (2005), sendo que a concepção do produto deve estar na etapa conceitual, de acordo com a Figura 1. Nesse ponto do desenvolvimento, o projetista possui informações técnicas suficientes sobre a estrutura de funcionamento do produto para aplicar a ferramenta proposta. A seleção dessa etapa deve-se ao fato que após a aplicação da ferramenta tornar-se-á necessária a criação de uma nova subfunção no produto.

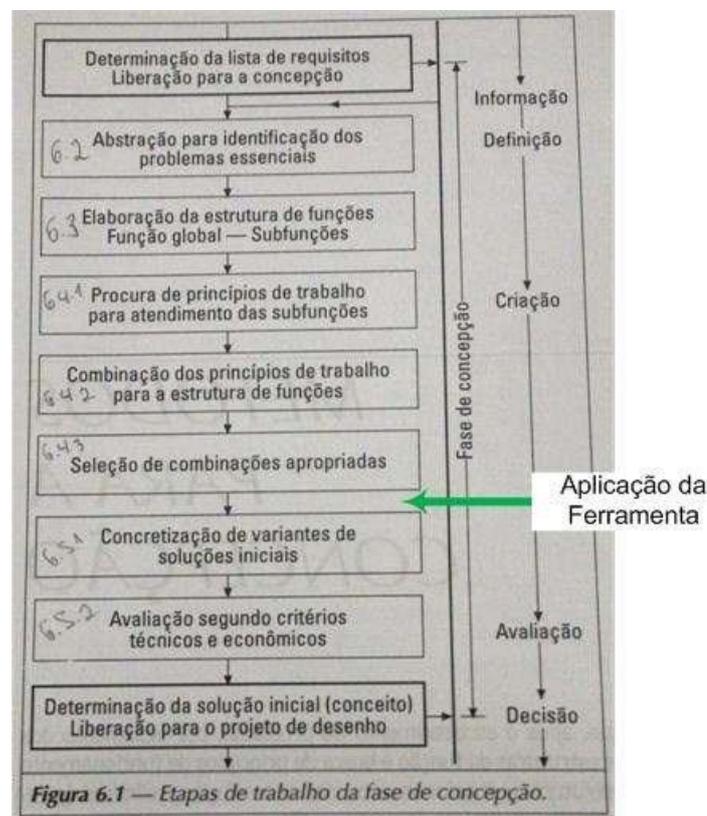


Figura 1 – Etapa Conceitual. Fonte: Retirado de Pahl et al.

3.2.1 Etapa 1: Descrição

Analizados os aspectos da fase para aplicação da ferramenta na etapa conceitual bem como a definição das premissas, apresentam-se neste item o diagrama para seleção da inter-relação entre funções/subfunções e apresentação do diagrama final para seleção da solução.

Uma questão recorrente é como selecionar a significância da inter-relação entre funções/subfunções a ser definida para análise, visto que num produto complexo essas relações são estabelecidas em um número bastante elevado, tornando impossível a análise de todas. A partir desta constatação, propõe-se o diagrama mostrado na Figura 2. O diagrama foi baseado nos diagramas de tomada de decisão existentes na metodologia da Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) estudados em Novacki, Alberton, Ortega (2009). Nessa etapa, são analisadas as funções e subfunções que possuem interação com o usuário final, sendo chamadas de inter-relações significantes ao término da análise no diagrama.

Para início da análise, todas as premissas devem ser satisfeitas. Com o conhecimento adquirido durante o desenvolvimento até essa fase, o projetista não terá dificuldade em realizar as análises subsequentes. A definição da significância ou não de uma inter-relação é um aspecto fundamental para a garantia do sucesso no uso da ferramenta, pois o fato de aplicar um mecanismo *poka yoke* numa inter-relação que não possua significância leva ao gasto de recursos e tempo de forma errada, assim impactando o resultado final do custo e do prazo do projeto.

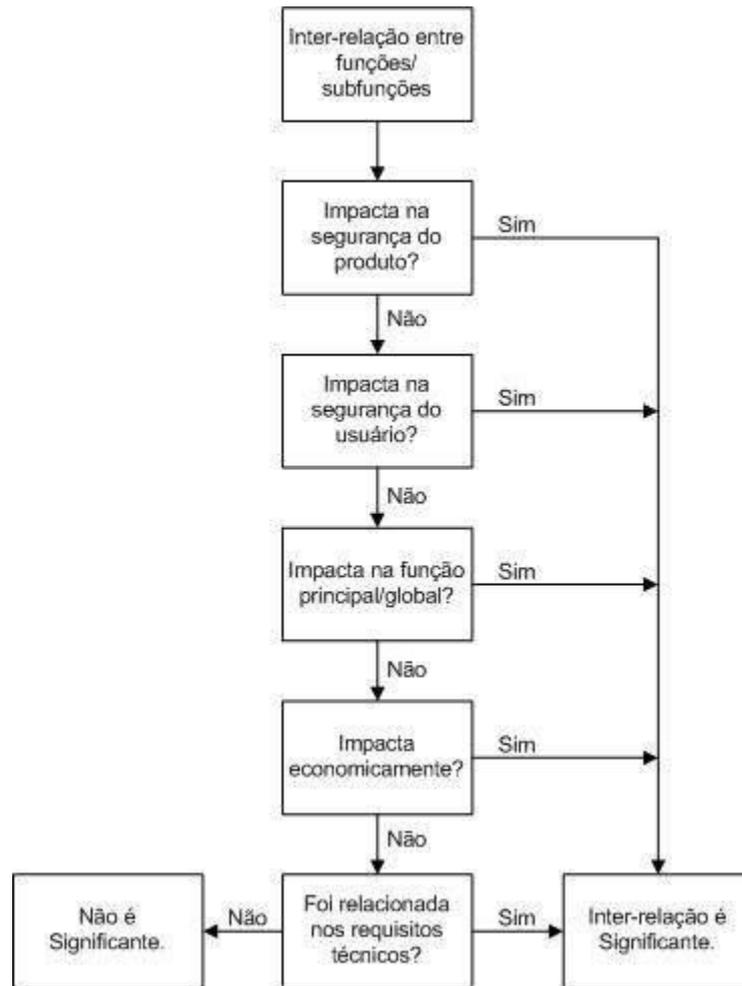


Figura 2 – Seleção da significância. Fonte: Autoria Própria.

Ao analisar a inter-relação o projetista deve realizar a seguinte pergunta: “As inter-relações entre as funções ou subfunções impactam no...?” e proceder com a análise de acordo com o diagrama mostrado na Figura 2. As ponderações consideradas são as seguintes: Impacta na segurança do produto? Impacta na segurança do usuário? Impacta na função principal/global? Impacta economicamente? Foi relacionada nos requisitos?. Caso a resposta seja “sim” para qualquer uma das perguntas a função é considerada significativa e a análise vai para a próxima etapa. Caso a resposta seja “não” para a ponderação as perguntas continuam a ser formuladas até chegar à última ponderação. Com a resposta negativa para todas as perguntas a função não é significativa e a análise é finalizada.

3.2.2 Etapa 2 – Desenvolvimento

O objetivo da próxima etapa é determinar o caminho a ser seguido pelo projetista na criação do *poka yoke* para a inter-relação entre função/subfunção analisada na etapa anterior. Neste ponto, o trabalho desenvolvido por Lockton (2009, 2013) foi examinado com critério, pois é relevante para a ferramenta.

Neste ponto o projetista deve descrever o problema a ser resolvido de uma forma genérica sobre o comportamento objetivo. Ou seja, a partir de um comportamento objetivo do usuário com o produto é necessário descrever um comportamento geral. Em seguida, analisar na Figura 4 qual comportamento geral é aplicável e, obedecendo ao fluxograma estabelecido, determinar um comportamento específico com um exemplo de solução.

Por exemplo, no caso do projetista determinar que o carro não liga enquanto o cinto de segurança não for afivelado, o comportamento geral a ser estabelecido como objetivo pode ser o seguinte: **“moldar a forma como o usuário segue um caminho ou processo pré estabelecido pelo projetista”**. Nesse caso, o usuário deve realizar a ação afivelar o cinto antes de ligar o carro.

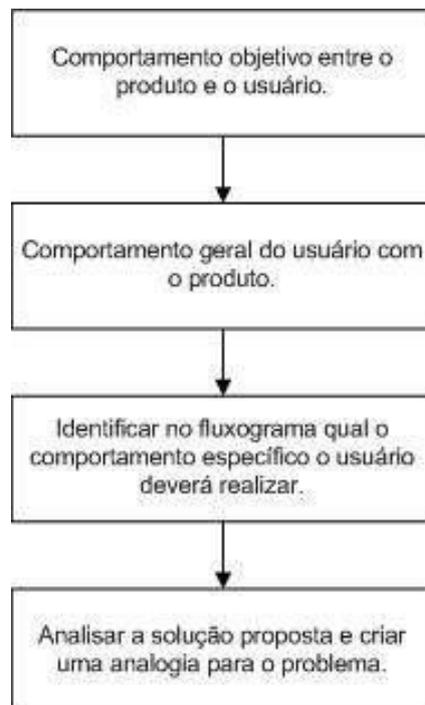


Figura 3 – Fluxograma para análise do comportamento geral. Fonte: Autoria Própria

Na Figura 3 tem-se o fluxograma de como deve ser realizada a mudança do comportamento objetivo que o projetista necessita ter entre o usuário e o produto para uma forma genérica. Basicamente, nessa etapa é necessário estabelecer o comportamento geral a partir do comportamento objetivo que o usuário deve ter com o produto previamente determinado pelo projetista e a partir do comportamento geral procurar, dentre as opções o comportamento objetivo determinado pelo projetista. Ao ser estabelecido um dos sete objetivos (S1 a S7) mostrados no fluxograma da Figura 4, é necessário entender o exemplo identificado e criar uma situação análoga ao mostrado.

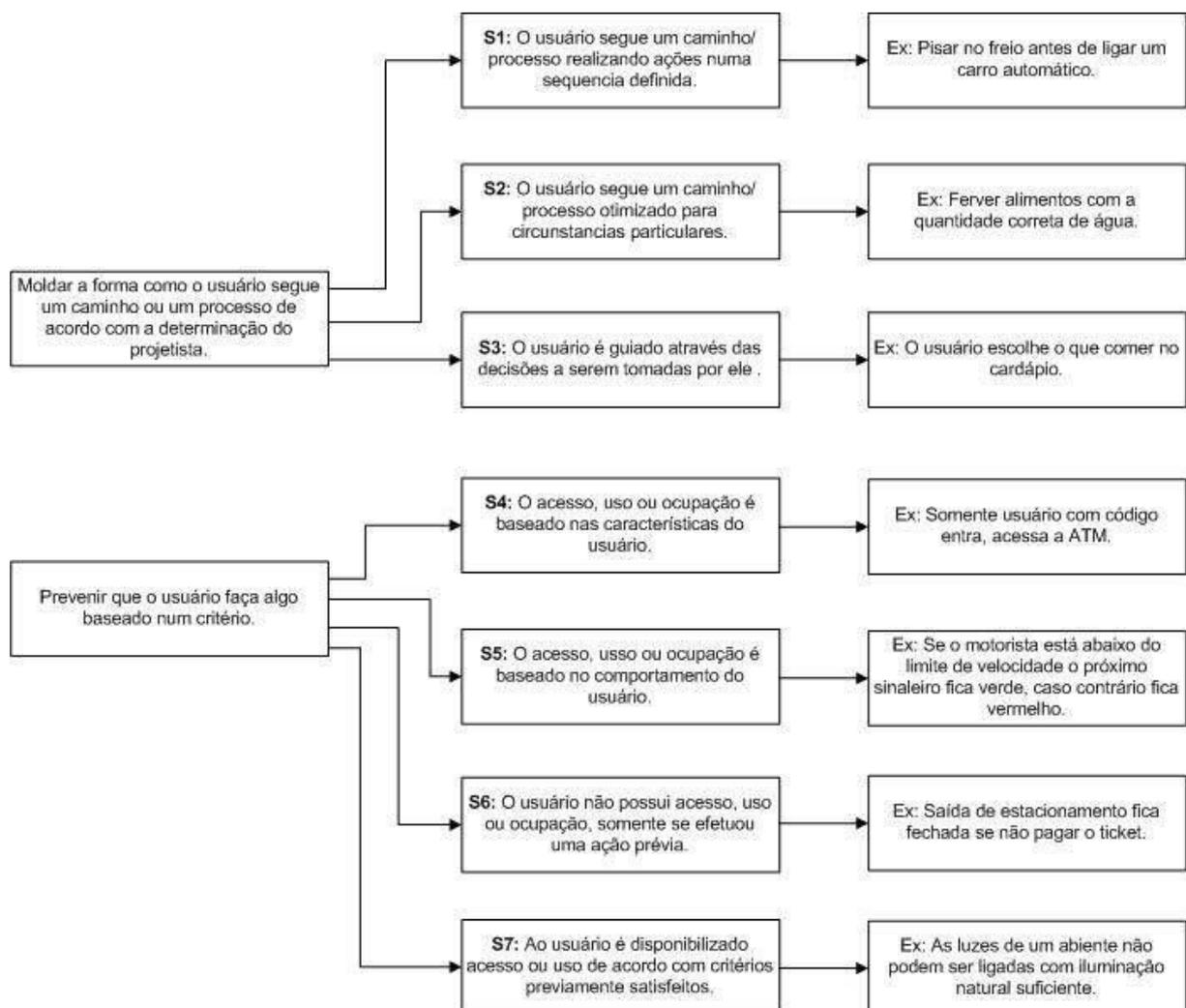


Figura 4 – Fluxograma para definição de PY. Fonte: Autoria Própria

4 APLICAÇÃO DESCRITIVA REVERSA

4.1 Aplicação 1

Um exemplo será utilizado para demonstrar a aplicação da ferramenta proposta. Primeiro será realizado um estudo do produto mostrado na Figura 5, um estilete encontrado no mercado.



Figura 5 – Estilete sem PY. Fonte: Autoria Própria

O estilete mostrado na Figura 5 funciona com o usuário aplicando uma força (na direção de saída da lâmina) com o polegar para que a lâmina saia e que o papel possa ser cortado. Também, pode ser pré-estabelecido que a lâmina possa sair da proteção metálica sem que o usuário realize a operação com o polegar para retirar a lâmina. A lâmina para fora da peça metálica sem que o usuário tenha realizado alguma ação é uma perturbação no uso do produto com segurança. Situação, a qual, não foi identificada pelo projetista quando do processo de desenvolvimento. O diagrama básico de funções do estilete é mostrado na Figura 6.

No diagrama pode-se estabelecer a inter-relação entre as funções movimentar lâmina e fornecer proteção. No caso, para movimentar a lâmina é utilizado um botão e para proteção é utilizada a peça metálica.

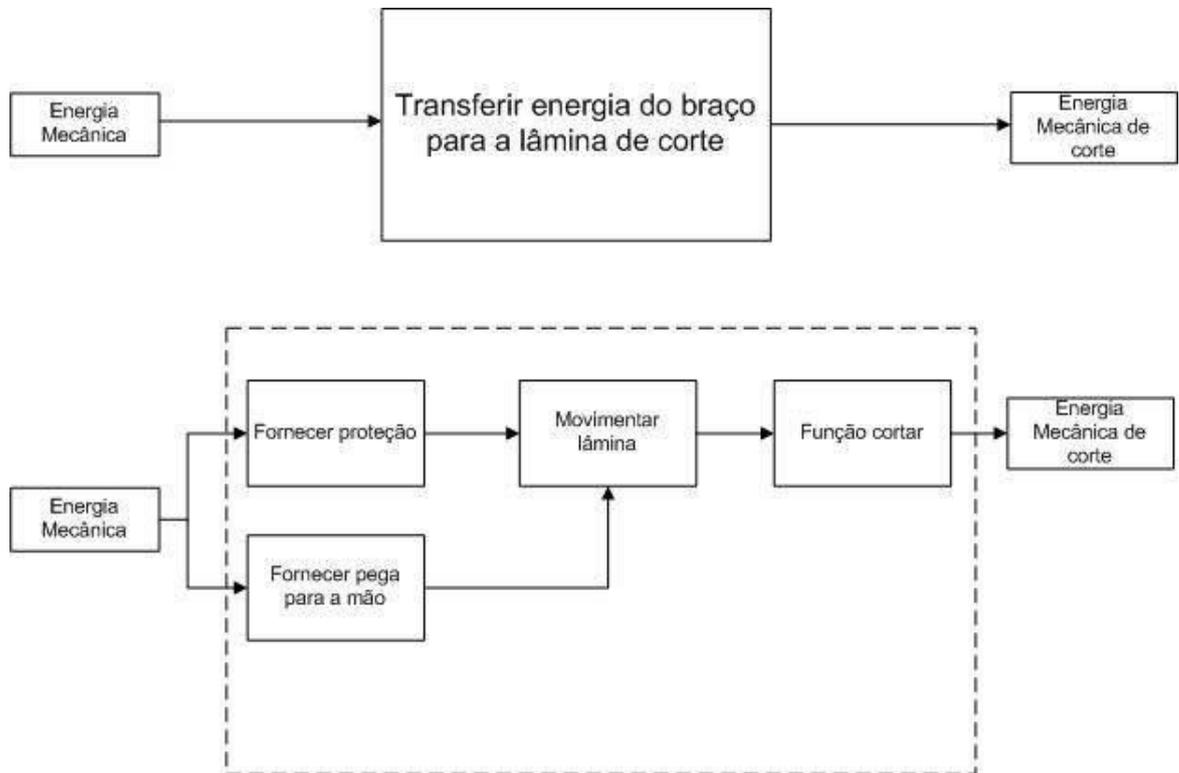


Figura 6 – Diagrama de Funções Estilete. Fonte: Autoria Própria.

Tem-se que a lâmina pode sair da capa protetora metálica sem que o usuário realize alguma ação que possibilite o movimento da lâmina.

Ao realizar a análise da inter-relação entre as funções que possuem interação com o usuário, no caso movimentar a lâmina e proteção, é obtido da análise do diagrama mostrado na Figura 2, que a função movimentar a lâmina possui um impacto na segurança do usuário (a lâmina pode sair sem que o usuário realize alguma ação). Portanto, a inter-relação entre funções é considerada significativa e levada para a próxima etapa da ferramenta.

Nessa etapa, é necessário determinar como comportamento objetivo “criar uma sequência de ações que o usuário seja obrigado a fazer antes que a lâmina saia da capa protetora e que após a utilização do produto pelo usuário a lâmina adentre ao interior da capa e não saia até que o usuário realize as ações na ordem estabelecida pelo projetista”.

Com esse comportamento geral estabelecido, foi utilizado o diagrama mostrado na Figura 4 e determinado qual dos comportamentos gerais a situação acima descrita mais se encaixa como objetivo geral. Obedecendo ao fluxograma determinado pelo diagrama percebe-se que é necessária a criação de uma ação a ser realizada pelo usuário após a movimentação do botão, ação essa estabelecida pelo projetista e que vise melhorar a segurança do usuário ao manusear o produto.

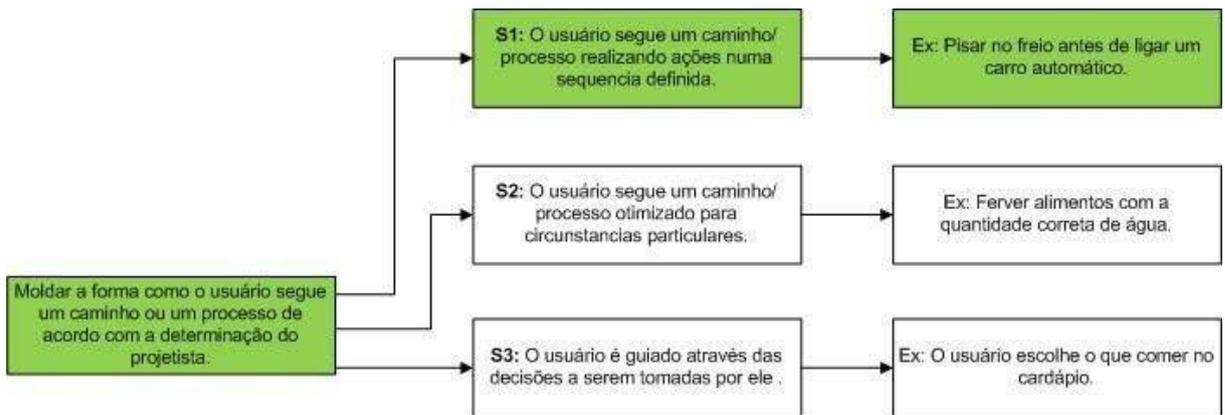


Figura 7 – Diagrama de criação do PY para o estilete. Fonte: Autoria Própria.

Após a análise do diagrama para definição do *poka yoke* e estudo das ações que o usuário deve realizar, o diagrama de funções foi modificado resultando no novo diagrama mostrado na Figura 8.

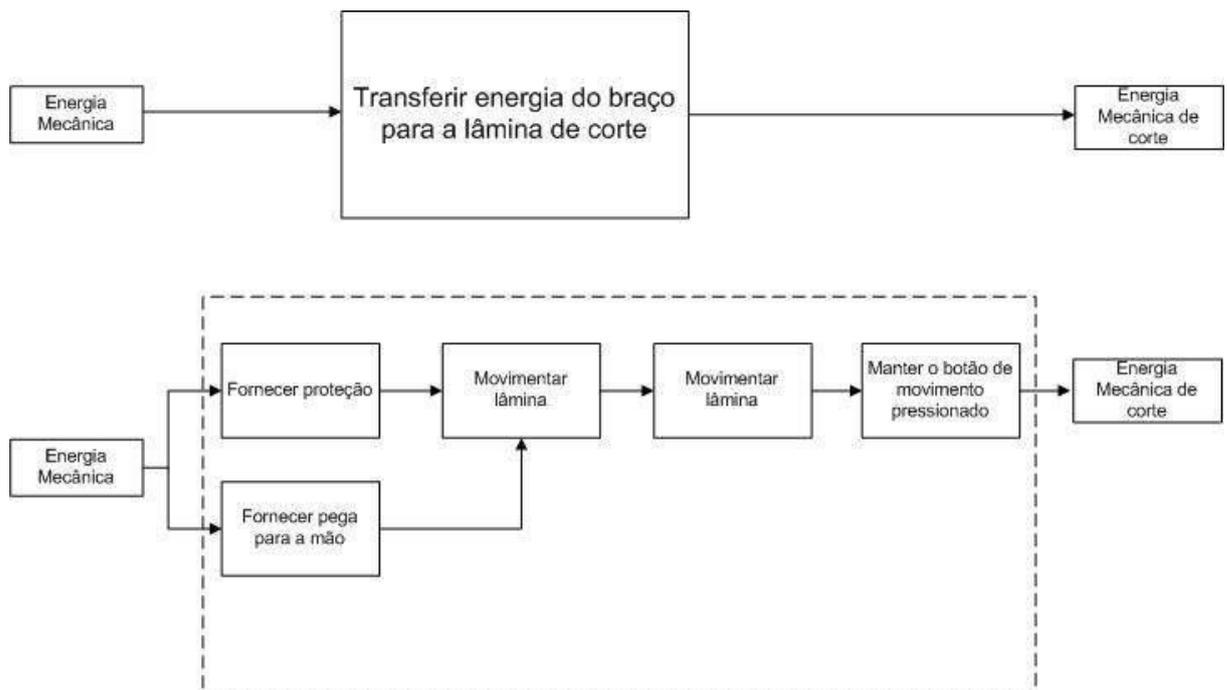


Figura 8 – Novo diagrama com PY. Fonte: Autoria Própria.

O diagrama da figura 8 mostra a criação de uma nova ação: “manter o botão pressionado”, para que a função principal (transferir energia) não seja prejudicada e que o usuário possa utilizar o produto com segurança. No caso, é necessário manter o botão pressionado enquanto é realizado o corte do papel, quando o usuário solta o botão a lâmina volta para a peça metálica protetora automaticamente e não existe a possibilidade de sair enquanto o usuário não executar as ações movimentar botão e manter pressionado. O novo produto é mostrado na Figura 9. Caso o botão seja solto, a lâmina automaticamente volta para o compartimento de segurança, permitindo o uso do estilete com segurança.



Figura 9 – Estilete com PY. Fonte: Autoria Própria.

4.2 Aplicação 2

No segundo exemplo, a implementação da ferramenta será realizada num produto conhecido no mercado, comparando a aplicação da ferramenta com o Poka Yoke existente no produto. O produto escolhido foi a tomada de energia presente nas máquinas/equipamentos e que é utilizada para transferir energia elétrica. O produto é mostrado na Figura 10.



Figura 10 - Tomada sem PY. Fonte: Autoria Própria.

Como pode ser visto na Figura 10, o produto possui um corpo de plástico para prover proteção ao usuário e dois contatos, fase e neutro, que possibilitam a transferência de energia. O usuário encaixa os contatos na tomada, que é conectada a rede de energia elétrica. Para o estudo, pode ser pré-estabelecido que ao encaixar na tomada, existe a possibilidade do usuário encostar o polegar ou o indicador nos contatos elétricos, como é demonstrado na Figura 11.



Figura 11 - Polegar encostando. Fonte: Autoria Própria.

O diagrama básico de funções é mostrado na Figura 12. A possibilidade de o usuário tomar um choque elétrico é o comportamento a ser mitigado pela ferramenta proposta. No diagrama, pode-se estabelecer uma inter-relação entre as funções

fornecer contato elétrico e transferir energia. Nesse caso, resultando na possibilidade do choque elétrico.

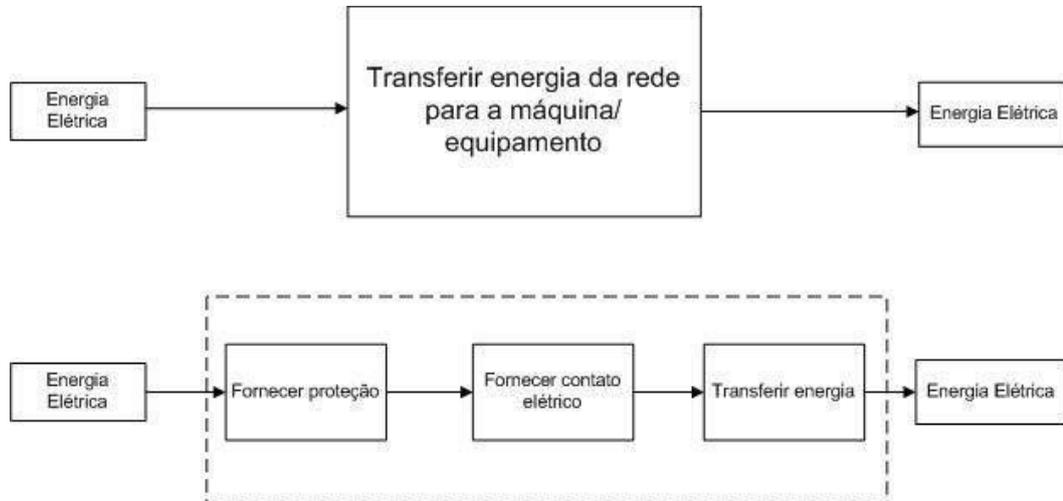


Figura 12 - Diagrama de Funções Tomada. Fonte: Autoria Própria.

Ao realizar a análise da inter-relação entre as funções que possuem interação com o usuário, no caso fornecer proteção e contato elétrico, é obtido da análise do diagrama mostrado na Figura 2 que a função fornecer contato elétrico, possui um impacto na segurança do usuário. Portanto, a inter-relação é considerada significativa e conduzida para a próxima etapa da ferramenta.

Na etapa, é necessário estabelecer o comportamento objetivo a ser atingido pelo usuário, no caso, “não permitir que o usuário encoste o indicador ou o polegar nos contatos elétricos”. Com o comportamento objetivo estabelecido, é utilizado o diagrama da Figura 4 e estabelecido no início do fluxograma qual dos comportamentos gerais o objetivo determinado pelo projetista mais se encaixa como objetivo geral.

Percebe-se, pelo fluxograma, que é necessário prevenir que o usuário faça algo baseado no critério do projetista, que foi o de impedir o choque no contato elétrico. Portanto, na Figura 13 é mostrado o caminho determinado pelo fluxograma e o exemplo de mecanismo a ser criado pelo projetista.

Como é mostrado na Figura 13, o resultado final da aplicação da ferramenta aumenta a segurança do produto quando da utilização pelo usuário, impedindo que

ocorra o contato do polegar com o componente que transfere energia da rede para o equipamento/máquina.

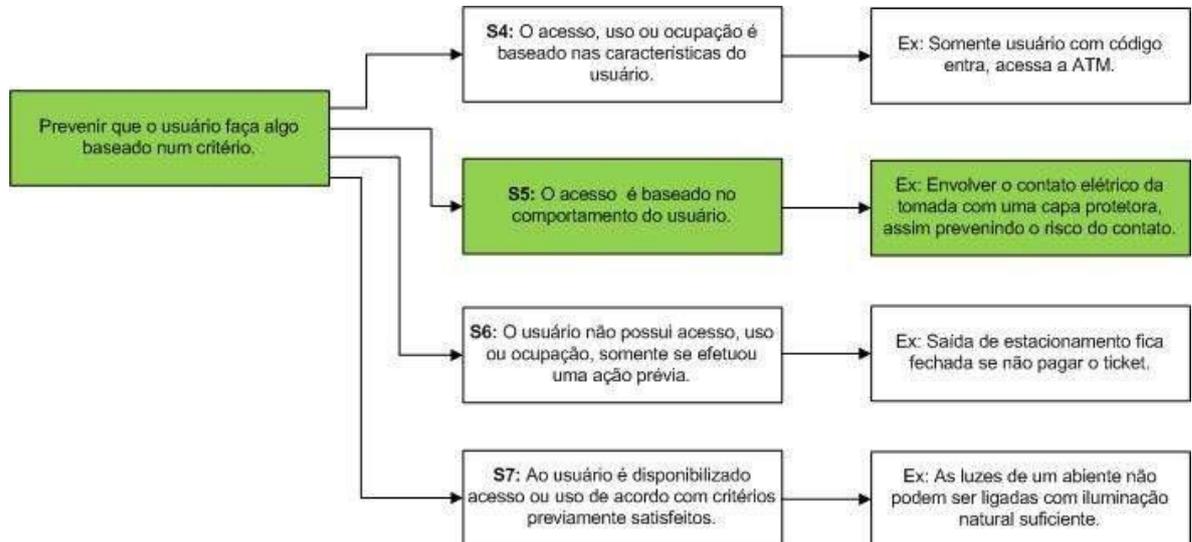


Figura 13 - Diagrama de Criação de PY para a Tomada. Fonte: Autoria Própria.

Após a análise do fluxograma estabelecido na Figura 13, o diagrama de funções foi modificado, resultando no novo diagrama exibido na Figura 14.

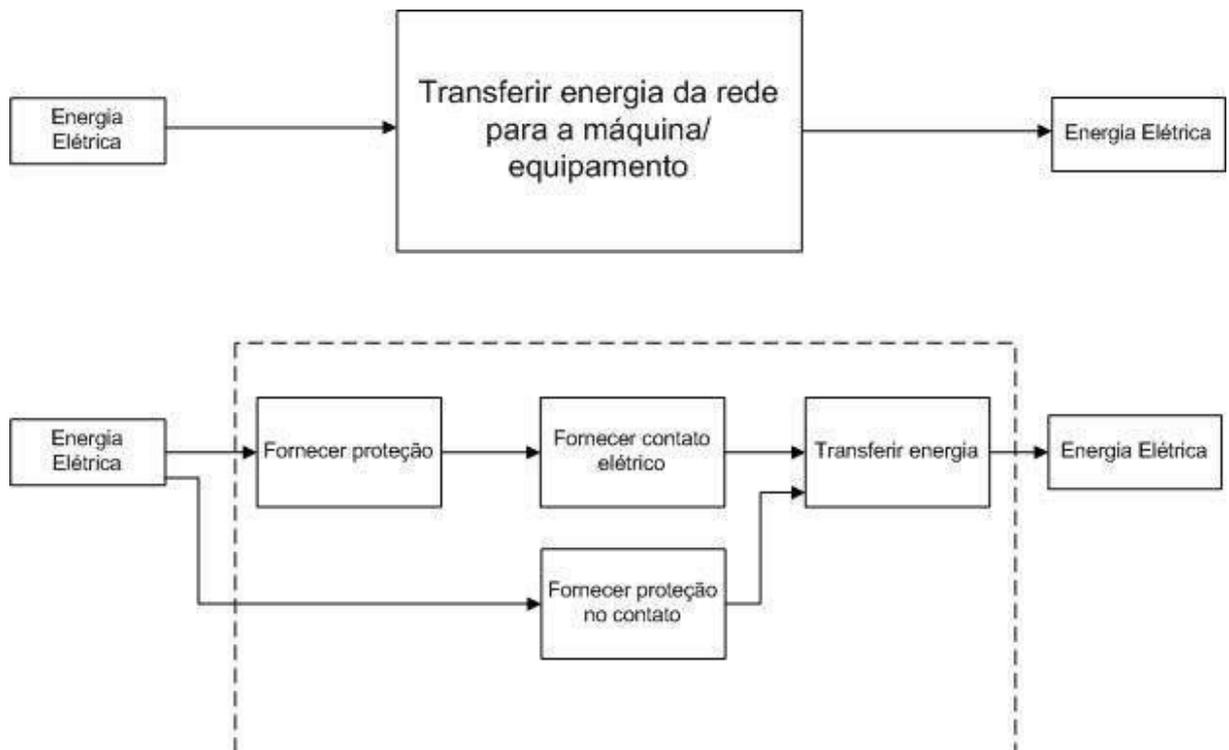


Figura 14 - Diagrama de Funções com PY. Fonte: Autoria Própria.

O diagrama da Figura 14 mostra a criação de uma nova função, baseado no objetivo do projetista, que é “fornecer proteção no contato”. A função global é mantida e o usuário utiliza o produto com mais segurança.

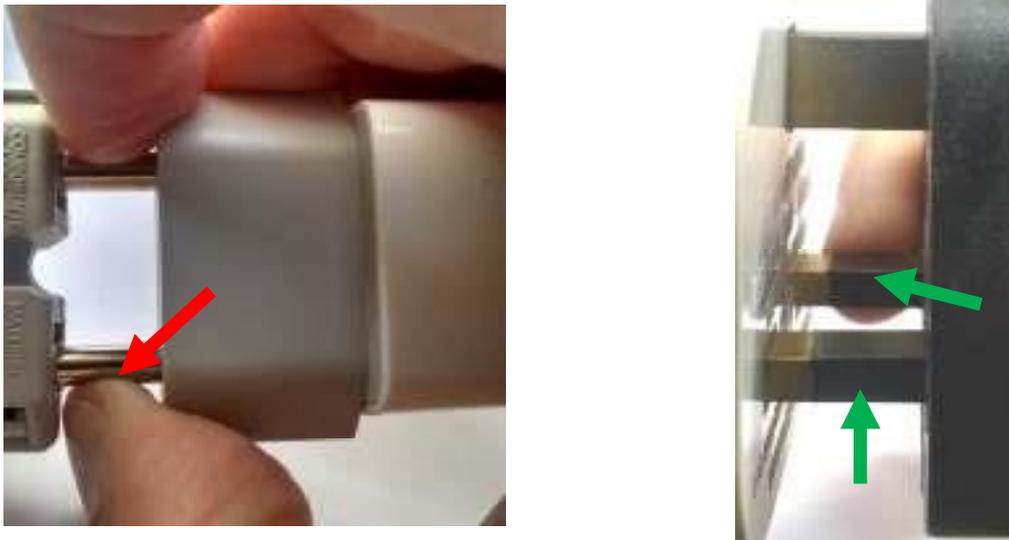


Figura 15 - Tomadas com PY e sem PY. Fonte: Autoria Própria.

Nessa seção foi demonstrada a aplicação da ferramenta de uma forma bem simples utilizando um diagrama de funções básico do estilete e da tomada. Pôde ser visualizada a determinação da significância entre as funções consideradas significantes (movimentar lâmina e proteção / fornecer contato elétrico e proteção) e a criação de uma nova função *poka yoke* de segurança. Assim, estabelecendo uma sequência de ações para o uso do estilete e a aplicação de um material isolante no contato da tomada.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho descreveu o desenvolvimento preliminar de uma ferramenta visando a criação de dispositivos *poka yoke* durante o PDP. O resultado da aplicação da ferramenta foi a criação de uma nova função no processo de uso do produto (a função manter o botão pressionado e material isolante), como demonstrado pelas *forcing functions* (Norman, 1988), pelas *mistake proofing* (Grout, 2007) e *error proofing* (Lockton, 2009, 2013).

É necessário aplicar a ferramenta em outros produtos, além da validação num desenvolvimento de acordo com as premissas estabelecidas no artigo.

O fluxograma para definição de *poka yoke* precisa ser ampliado englobando novos exemplos de *poka yokes* baseados nos comportamentos dos usuários com os produtos, certamente existem vários comportamentos, como descrito em Lockton (2013), a serem estudados visando a ampliação do diagrama e melhora da ferramenta.

O trabalho deixa uma ferramenta preliminar e de fácil aplicação durante o PDP. Um engenheiro projetista sem experiência, e que nunca utilizou a ferramenta, possui condições técnicas suficientes para aplicar a ferramenta com sucesso e alocar corretamente o mecanismo no produto.

REFERÊNCIAS

BACK, N.; OGLIARI, A.; DIAS, A.; DA SILVA, J. C. **Projeto Integrado de Produtos**. Barueri: Manole, 2008.

FIGUEIREDO, Polyana Patrícia Soares, **PROPOSTA DE CONJUNTO DE MECANISMOS PARA ENDEREÇAR POKA-YOKE'S DURANTE O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS**, 2010, Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 85 p.

GROUT, J. **Mistake-proofing the Design of Health Care Processes**. Agency for Healthcare Research and Quality. Rockville, 2007.

LOCKTON, D. **The Design with Intent Method: A design tool for influencing user behavior**. Elsevier, Applied Ergonomics, 41, p. 382-392. 2009.

LOCKTON, D. **A Design Pattern Toolkit for Environmental & Social Behaviour Change**. School of Engineering & Design, Brunel University. 2013.

NORMAN, D. **The Psychology of Everyday Things**. Basic Books, New York. 1988.

NOVACKI, A.; ALBERTON, C.; ORTEGA L. F. **MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE: Proposta de um Novo Diagrama de Tomada de Decisão Fundamentado na Lógica Fuzzy**, 2009. Trabalho de Conclusão de Curso. UTFPR, Curitiba, 160p.

PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K. **Projeto na Engenharia: Fundamentos do Desenvolvimento Eficaz de Produtos – Métodos e Aplicações**. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

ROZENFELD, Henrique; FORCELLINI, Fernando A.; AMARAL, Daniel C.; TOLEDO, José C.; SILVA, Sergio L.; ALLIPRANDINI, Dário H.; SCALICE, Régis K. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: Uma Referência para a Melhoria do Processo**. São Paulo: Editora Saraiva, 2006.

SHINGO, S. **Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-Yoke System**. Cambridge. Massachusetts: Productivity Press, 1986.

SLACK, N. **Vantagem competitiva em manufatura**. São Paulo: Atlas, 1993.