

---

## Proposed model to support the development of firefighting products in structures

### Proposta de modelo de apoio ao desenvolvimento de produtos de combate a incêndios em edificações

Received: 2023-02-10 | Accepted: 2023-03-20 | Published: 2023-04-01

---

#### Geovana Pires Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3062-4837>  
Senai CIMATEC; Universidade Estadual de Santa Cruz, Brasil  
E-mail: [gpalima@uesc.br](mailto:gpalima@uesc.br)

#### Juliano Zaffalon Gerber

ORCID: <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>  
Universidade Estadual de Santa Cruz, Brasil  
E-mail: [jzgerber@uesc.br](mailto:jzgerber@uesc.br)

#### Josiane Dantas Viana Barbosa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7423-5326>  
Senai CIMATEC, Brasil  
E-mail: [josianedantas@fieb.org.br](mailto:josianedantas@fieb.org.br)

#### Cristiano Vasconcellos Ferreira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9928-5525>  
Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil  
E-mail: [cristiano.v.ferreira@ufsc.br](mailto:cristiano.v.ferreira@ufsc.br)

#### Valter Estevão Beal

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4651-0383>  
Senai CIMATEC, Brasil  
E-mail: [valtereb@fieb.org.br](mailto:valtereb@fieb.org.br)

---

#### ABSTRACT

Considering the scenario of Fire Safety in Brazil, where there are few alternative solutions for firefighting, protection is based on standards, knowledge is not widespread and there is no support model for the development of this type of product. This research aims to propose a support model that guides informational and conceptual design for firefighting structures. Four steps were taken to propose the methodology: i) Construction of a schematic flowchart; ii) Conducting interviews and applying questionnaires to survey the main needs; iii) Proposition of a support model; iv) Model evaluation. This model was presented to specialists and was executed by three groups in an academic and professional environment. To analyze the evaluation rounds, the participants were consulted using a questionnaire, regarding the following criteria: Applicability, Graphic Clarity and Accuracy of Representation, Completeness, Robustness and Reusability and Economic Efficiency. After analyzing the results of 22 questions in Likert, it was found that the model meets the aforementioned criteria

**Keywords:** Fire; Protection; Firefighting; Product Development Process;

---

#### RESUMO

Considerando o cenário de Segurança Contra Incêndio no Brasil em que há poucas alternativas de soluções para o combate a incêndio, proteção é baseada em normas, o conhecimento é pouco difundido e não há um modelo de apoio ao desenvolvimento deste tipo de produto. A presente pesquisa visa propor um modelo de apoio que oriente o projeto informacional e conceitual para o combate a incêndio em edificações. Para a proposição da metodologia foram realizadas quatro etapas: i) Construção de um fluxograma esquemático; ii) Realização de entrevistas e aplicação de questionários para levantamento das principais necessidades; iii) Proposição de um modelo de apoio; iv) Avaliação do modelo. Este modelo foi apresentado para especialistas e foi executado por três grupos em ambiente acadêmico e profissional. Para analisar rodadas de avaliação, os participantes foram consultados a partir de um questionário, quanto aos critérios de: Aplicabilidade, Clareza Gráfica e Rigor da Representação, Completeza, Robustez e Reusabilidade e

Eficiência Econômica. Após a análise dos resultados de 22 questões em escala *likert*, verificou-se que modelo atende aos referidos critérios.

**Palavras-chave:** Incêndio; Proteção; Combate a Incêndio; Processo de Desenvolvimento de Produto.

---

## INTRODUÇÃO

O aumento populacional desordenado, crescimento das atividades industriais, entre outros fatores, aumentam os riscos de incêndio (BRUSHLINSKY, 2019; BENTO-GONÇALVES; VIEIRA, 2020). Desta forma, é fundamental o investimento na Segurança Contra Incêndio (SCI), que envolvem medidas preventivas e de proteção (OLAWOYIN, 2018; LIMA et al., 2021). Dentre as medidas de proteção, têm-se as proteções ativas e passivas. A proteção passiva não necessita de acionamento, como elementos estruturais, paredes resistentes ao fogo, portas corta fogo (LIM et al., 2019; THOMAS et al., 2020; SIDDIQUI et al., 2020). Já a proteção ativa atua a partir da presença do fogo como sprinklers, sistemas fixos de gás, extintores, hidrantes, drones e robôs de combate ao fogo (ZLATANOVIC et al., 2014; GHAMANDE et al., 2019; INNOCENTE; GRASSO, 2019; ASYRAF et al., 2020; BURDIN, 2020). É importante que os sistemas de proteção ativos e passivos sejam combinados para uma maior eficiência (SIDDIQUI et al., 2020; LIMA et al., 2021).

Neste sentido, a concepção de soluções efetivas de combate a incêndio, perpassa pelo processo de desenvolvimento de produtos (PDP) que, de uma forma estruturada e sistemática, possibilita a construção de soluções adequadas para a resolução dos problemas. O PDP permite transformar informações tecnológicas e mercadológicas em requisitos de um projeto de engenharia, visando atender as necessidades dos clientes, estando alinhado estrategicamente com os interesses da empresa. Quando eficazmente concebido e gerenciado, pode favorecer a competitividade organizacional, pois, auxilia a criação de soluções ótimas para resolução de problemas (ROZENFELD et al., 2006).

O desenvolvimento de produtos pode ocorrer por meio de um modelo de referência, no qual é possível ter uma visão ampla de todas as fases, o que leva um projeto mais conforme. É possível identificar na literatura inúmeros modelos de referência orientados a uma área do conhecimento específica. Como para o desenvolvimento de equipamentos de automação de controle de processo e médico-hospitalares (MENDES, 2008); produtos mecatrônicos (BARBALHO, 2006); automóveis (NAKAMURA, 2017); polímeros injetáveis (FERREIRA, 2002); tecnologia assistiva (OKUMURA, 2017); indústria de vestuário com inserção do Big Data (RABELO, 2017); órtese (ASSAD, 2018); indústria médica (MURBACK, 2018); indústria farmacêutica (PAULA, 2004). Porém não foi identificado um estudo mais aprofundado que apoiasse o processo de desenvolvimento de produtos em suas fases iniciais de projeto destinados às diferentes edificações. O foco desta pesquisa são as edificações tanto em fase de projeto quanto

já construídas. As edificações podem ser instalação residencial, serviços de hospedagem, comercial varejista, serviços profissionais, pessoais e técnicos, educacional e cultura física, locais de reunião pública, serviços automotivos, serviços de saúde e institucionais industrial, comercial de médio e alto risco, atacadista e depósitos.

Avaliando o cenário de Segurança Contra Incêndio no Brasil em que há poucas inovações neste segmento de mercado, e limitadas alternativas para atender às necessidades dos clientes (LI; CHE, 2014); a proteção é baseada em normas que são desatualizadas e de caráter prescritivo (TAVARES, 2002; RODRIGUES, 2016); o conhecimento é pouco difundido e explicitado, de modo a favorecer a difusão do conhecimento e melhoria no desenvolvimento de soluções (BLACK; REPENNING, 2001). Além disso, não foi encontrado um modelo de apoio ao desenvolvimento de produtos orientado aos sistemas de combate a incêndio, considerando o conhecimento dos especialistas, normas, tecnologias e informações da literatura. Deste modo, o problema principal a ser explorado nesta pesquisa pode ser caracterizado pela seguinte questão: De que maneira pode-se apoiar a elaboração das fases de projeto informacional e conceitual para a concepção de soluções de combate a incêndio em edificações? Com isso, o objetivo geral deste trabalho é propor um modelo de apoio para projeto informacional e conceitual de soluções de combate a incêndio em edificações.

## MÉTODOS

Foram empregadas quatro etapas para realização do método nesta pesquisa: i) Construção de um fluxograma esquemático, que indica possíveis caminhos para a realização da Segurança Contra Incêndio; ii) Realização de entrevistas e aplicação de questionários para levantamento das principais necessidades da área, segundo os especialistas; iii) Proposição de um modelo de apoio ao desenvolvimento das fases de projeto informacional e conceitual de soluções de combate a incêndios em edificações; e iv) Avaliação do modelo proposto. As etapas serão descritas a seguir:

### 1) **Construção de um fluxograma esquemático, que indica possíveis caminhos para a realização da Segurança Contra Incêndio**

Os sistemas para segurança contra incêndio possuem os níveis: básico, intermediário e avançado. Para estruturar uma decisão sobre qual nível de proteção a ser adotado na edificação é preciso organizar o conhecimento. Para isto, será desenvolvido um fluxograma, baseado nas características da edificação que se deseja proteger e definir se é possível garantir a proteção do local apenas com a execução do que é previsto em norma, ou se é necessário realizar compensação com soluções mais tecnológicas.

Caso não existam formas de realizar esta compensação de forma viável, será necessário o desenvolvimento de uma nova solução de combate ao incêndio. Desta forma, entende-se que esta análise fará parte do modelo proposto neste artigo.

## **2) Realização de entrevistas e aplicação de questionários para levantamento das principais necessidades da área, segundo os especialistas**

Para levantar as principais informações sobre os sistemas de combate ao incêndio, foram consultados 30 interessados chave, como especialistas, empresas, usuários, integrantes do corpo de bombeiros e profissionais da área, por meio de entrevistas semiestruturadas e questionários para pontuação das necessidades em escala likert (CAAE: 46254821.2.0000.9287).

## **3) Proposição de um modelo de apoio ao desenvolvimento das fases de projeto informacional e conceitual de soluções de combate a incêndios em edificações**

Com base nas informações levantadas na literatura, nas normas técnicas, nos estudos de casos, nas entrevistas realizadas com especialistas foi proposto um modelo de apoio ao desenvolvimento das fases de projeto informacional e conceitual de soluções de combate a incêndios em edificações.

Para isto, foram desenvolvidas ferramentas específicas, com base no trabalho de Ferreira (2002). Como exemplo, foi estruturada uma ferramenta específica da TRIZ, disponível on-line (<https://sites.google.com/view/calculadoratriz>), com soluções (princípios inventivos) aplicadas ao domínio de combate a incêndios.

## **4) Avaliação do modelo proposto**

A avaliação visa verificar se o modelo atende ao objetivo, que deste estudo é de: “Propor um modelo de apoio para projeto informacional e conceitual de soluções de combate a incêndio em edificações”. Assim o modelo será aplicado em diferentes ambientes e formatos. Inicialmente serão realizadas duas apresentações para especialistas, do curso de Especialização em Engenharia de Segurança Contra Incêndio e da Sociedade dos Engenheiros de Proteção Contra Incêndio. Com o intuito de obter feedbacks sobre os aspectos técnicos, estruturação do modelo, necessidade da ferramenta na prática e pontos de melhoria.

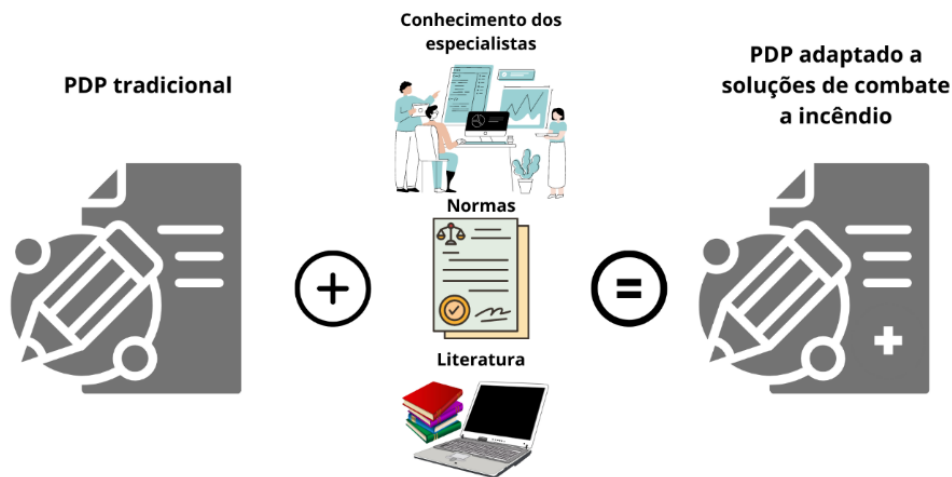
O modelo também será executado por três grupos: alunos de iniciação científica, graduandos da Engenharia Química e profissionais de uma empresa de tecnologia. Para analisar as três rodadas de avaliação do modelo, os participantes serão consultados a partir de um questionário, quanto ao atendimento dos critérios, conforme apresentado na literatura (BIESEK, 2018; INTHAMOUSSU, 2015; IBARRA, 2007). O questionário será constituído por 8 seções, sendo a primeira para identificação do respondente e mais 7 seções que objetiva avaliar os seguintes critérios:

Aplicabilidade, Clareza Gráfica e Rigor da Representação, Completeza, Robustez e Reusabilidade e Eficiência Econômica. O modelo proposto será apresentado a seguir.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção será apresentada a proposta do modelo de apoio ao desenvolvimento de produtos de combate a incêndio para as fases de projeto informacional e projeto conceitual. Esta proposta é fundamentada em estudos realizados na literatura científica e técnica, estudos das normas de Segurança Contra Incêndio. Somado a isso, buscou-se explicitar o conhecimento dos especialistas, a partir de entrevistas semi-estruturadas, reuniões e aplicação de questionário. Assim, foram feitas adaptações ao PDP tradicional, conforme ilustrado na Figura 2.

**Figura 1** - Adaptações ao Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) tradicional



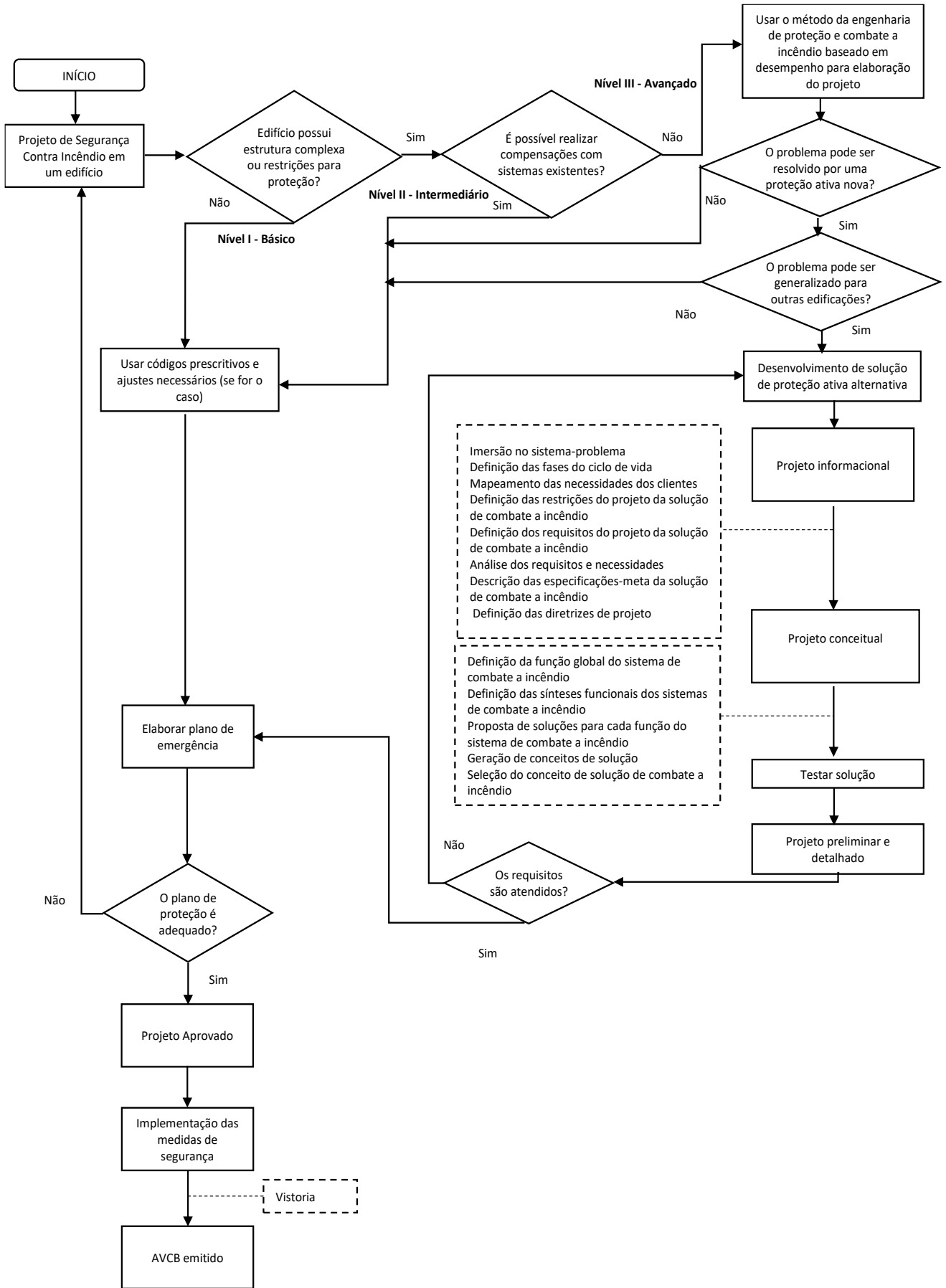
O modelo proposto inicia com a identificação do nível de segurança contra incêndio, que pode ser básico, intermediário ou avançado. O nível básico abrange as medidas exigidas pelo Corpo de Bombeiros, sendo fundamental compreender as normas vigentes no estado da federação que se deseja fazer a proteção, considerando que atualmente cada estado legisla de forma independente, assim as normas que devem ser atendidas devem ser correspondentes ao estado que a edificação está localizada (RODRIGUES, 2016). Já para o nível intermediário abrange o nível básico e medidas de compensação para aumentar a segurança do local, como equipamentos mais tecnológicos, geralmente com certificação da UL ou FM Global. Para este nível, é necessário compreender os aspectos normativos e as tecnologias que podem ser utilizadas no cenário em análise, para dimensionar adequadamente a solução. Para o nível avançado, sugere-se o desenvolvimento de uma solução alternativa que se adeque ao ambiente que se deseja proteger. Assim, é recomendado a realização do projeto informacional, que visa levantar as informações sobre o produto. Em seguida, deve-se elaborar o projeto conceitual que visa gerar e selecionar soluções, com base nas informações levantadas na fase de projeto informacional. É importante

salientar que o desenvolvimento de um novo produto demanda tempo e investimento. Sendo necessário realizar diversos testes, para garantir sua funcionalidade, e também submeter ao processo de certificação.

Neste sentido, a execução do nível avançado se adequa aos projetos de pesquisa e desenvolvimento da empresa. Uma alternativa para a realização deste tipo de projeto pode ser a captação de recursos a partir de investimentos a fundo perdido, para apoiar o desenvolvimento de novas soluções para empresas de pequeno ou médio porte. É importante verificar se o problema que se busca resolver pode ser generalizado e se as soluções desenvolvidas podem atender diferentes edificações, para viabilizar o investimento na construção de um novo produto. Outra consideração importante para a execução do modelo é que, preferencialmente, deve ser desenvolvido em equipe multidisciplinar, para ampliar os pontos de vista, sendo importante que a equipe tenha membros com experiência na área de Segurança Contra Incêndio e experiência no processo de desenvolvimento de produtos. A seguir o modelo proposto será detalhado.

A primeira análise a ser realizada, envolve a identificação do nível da Segurança Contra Incêndio, em básico, intermediário ou avançado. O nível básico abrange o que é prescrito em normas vigentes, conforme estabelecido pela NR 23 e as normas e instruções técnicas complementares. O nível intermediário contempla as medidas do nível básico e compensações com sistemas tecnológicos devido a necessidade de maior proteção, ou complexidade da edificação. Já o nível avançado envolve o projeto baseado em desempenho, e neste estudo será dado ênfase ao desenvolvimento de novas soluções. A Figura 3 ilustra o fluxo de informação da Segurança Contra Incêndio.

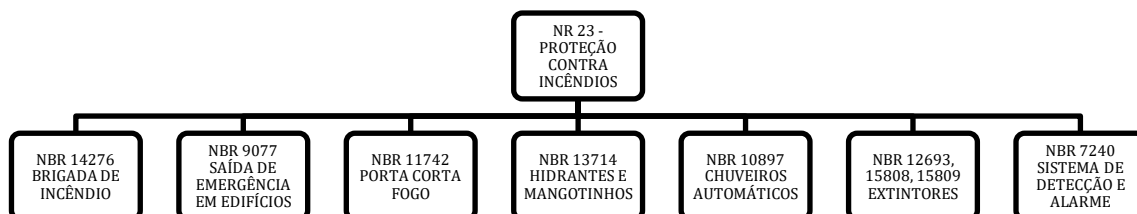
Figura 2- Fluxograma da Segurança Contra Incêndio



Como destacado na Figura 3, a Segurança Contra Incêndio pode ser realizada em 3 níveis distintos, básico, intermediário ou avançado. O nível básico corresponde às medidas exigidas pelo Corpo de Bombeiros, que variam de acordo o tipo de ocupação da edificação, dimensões da edificação e carga de incêndio (SÃO PAULO, 2011). Para citar, estes são alguns dos critérios de análise aplicados pelo Corpo de Bombeiros no estado de São Paulo: Acesso de viatura na edificação e áreas de risco; Separação entre edificações; Resistência ao fogo dos elementos de construção; Compartimentação; Controle de materiais de acabamento; Saídas de emergência; Elevador de emergência; Controle de fumaça; Gerenciamento de risco de incêndio; Brigada de incêndio; Brigada profissional; Iluminação de emergência; Detecção automática de incêndio; Alarme de incêndio; Sinalização de emergência; Extintores; Hidrantes e mangotinhos; Chuveiros automáticos; Resfriamento; Espuma; Sistema fixo de gases limpos e dióxido de carbono CO<sub>2</sub>); Sistema de proteção contra descarga atmosférica (SPDA); Controle de fontes de ignição (sistema elétrico, soldas, chamas, aquecedores, etc.)

Estas exigências são estabelecidas pela NR 23 e as normas e instruções técnicas complementares. A NR 23 é generalista, não apresentando o detalhamento técnico das aplicações, que deve ser consultado nas leis, decretos, regulamentações, normas técnicas e especificações técnicas de cada estado. Estes regulamentos operam em harmonia e complementaridade. Uma visão geral da hierarquização das normas é ilustrada na Figura 4.

**Figura 3** - Hierarquização das normas regulamentadoras de combate a incêndio



A adoção das normas previstas no **nível básico**, é conveniente para situações em que a edificação não possui elevada complexidade, ou restrições. No caso de ser necessário adotar compensações para promover a adequada proteção da área, sugere-se a utilização do **nível intermediário**, que extrapola as exigências dos Corpos de Bombeiros, geralmente são cobranças de seguradoras, e os sistemas possuem certificação UL e FM Global.

As principais estratégias de supressão de incêndio, pelo nível intermediário consistem em: Agente limpo, gases especiais e gases inertes, por meio do resfriamento, quebra da reação em cadeia, e diluição do oxigênio; Sistemas de aerossol a partir da quebra da reação em cadeia; Sistemas pó químico com a quebra da reação em cadeia. Sistemas de *water mist* por meio do resfriamento e diluição do oxigênio; Sistema de dióxido de carbono com a diluição do oxigênio; Sistemas de pulverização de água a partir do resfriamento; Sistemas de espuma, por meio da



cobertura ou remoção de diluição do combustível e; Sistemas de supressão *wet chemical* com alto poder de resfriamento (FERREIRA, 2020).

Já o **nível avançado** de segurança contra incêndio consiste em sistemas sob medida, envolvendo os níveis básico, intermediário e a ciência do fogo. Elaborado por meio de projeto baseado em desempenho. São usadas em edificações onde não há código prescritivo das normas do Corpo de Bombeiros. Essas são características de áreas recentes, como prédios muito altos, e de arquitetura moderna. O projeto baseado em desempenho propõe estratégias inteligentes, com base em análise holística do cenário, envolvendo a ciência do fogo, desenvolvimento tecnológico, para a tomada assertiva de decisão na segurança contra incêndio do local (FERREIRA, 2020).

O ideal é que os projetos para segurança contra incêndio sejam baseados em desempenho, que as edificações sejam analisadas em função dos seus riscos e peculiaridades, para propor soluções adequadas para cada ambiente, envolvendo a ciência do fogo, com simulação de cenários, adequada compreensão da dinâmica do fogo, taxa de liberação de calor e comportamento do fogo.

Assim, visando apoiar o processo de desenvolvimento de soluções alternativas de combate a incêndio, é proposto um modelo de apoio ao desenvolvimento de produtos de combate a incêndio nas fases de projeto informacional e conceitual. A partir da integração do conhecimento dos especialistas, informações da literatura e aspectos tecnológicos e normativos. O modelo proposto para o desenvolvimento do nível avançado, será detalhado a seguir:

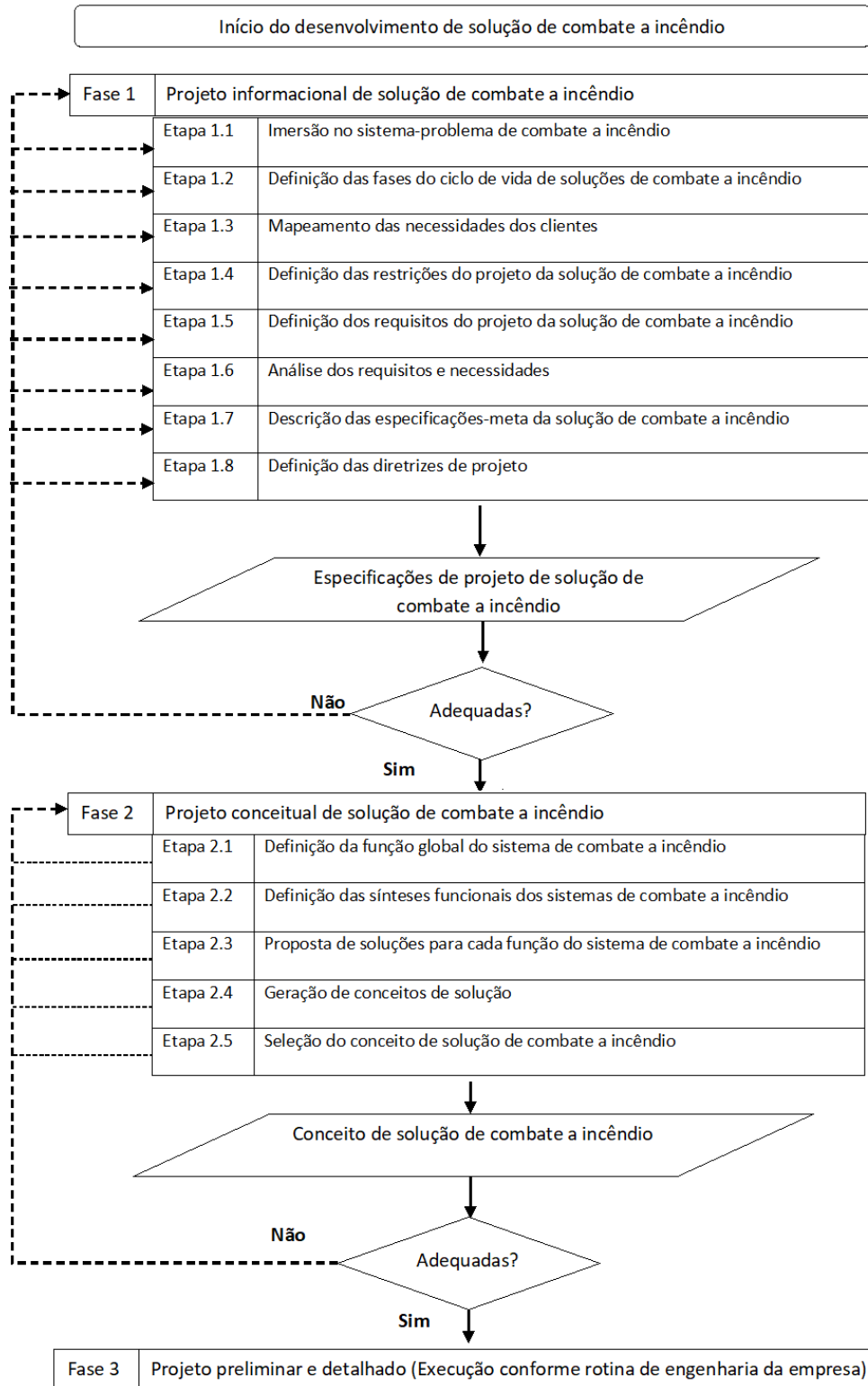
Considerando que ao percorrer o fluxograma apresentado na Figura 3, o cenário avaliado se enquadre no nível III- avançado para a Segurança contra incêndio. Deve-se analisar previamente se o problema pode ser solucionado a partir de uma proteção ativa de combate a incêndio e se esta solução pode ser generalizada para outras edificações, para viabilizar o investimento no desenvolvimento de um novo produto. Em caso positivo, sugere-se executar as etapas do projeto informacional e conceitual conforme apresentado na Figura 5.

De uma forma geral, o projeto informacional visa levantar as informações sobre o produto. Para esta fase sugere-se a execução das etapas: Imersão no sistema-problema; Definição das fases do ciclo de vida; Mapeamento das necessidades dos clientes; Definição das restrições do projeto da solução de combate a incêndio; Definição dos requisitos do projeto da solução de combate a incêndio; Análise dos requisitos e necessidades; Descrição das especificações-meta da solução de combate a incêndio e Definição das diretrizes de projeto.

Já a fase de projeto conceitual visa buscar, criar, representar e selecionar soluções com base nas informações levantadas na fase de projeto informacional. Para esta fase sugere-se a execução das etapas: Definição da função global do sistema de combate a incêndio; Definição das sínteses funcionais dos sistemas de combate a incêndio; Proposta de soluções para cada função

do sistema de combate a incêndio; Geração de conceitos de solução; Seleção do conceito de solução de combate a incêndio.

**Figura 4-** Etapas para execução do projeto informacional e projeto conceitual



As principais contribuições do modelo foram: Construção de quadro orientativo para a análise do ciclo de vida do produto, fornecendo sugestões de questionamentos e saídas desejáveis. Ilustrado no Quadro 1.

**Quadro 1-** Orientação para a análise do ciclo de vida do produto

Fases do ciclo de vida	Sugestões de questionamentos	Saídas desejáveis
Demanda/ Oportunidade	Existe demanda para a solução de combate a incêndio? Qual o segmento de mercado a solução de combate a incêndio é destinado? Quais as limitações das soluções atuais? Quais as oportunidades, ameaças, forças e fraquezas do cenário que se busca atender?	Modelo de negócio Plano de negócio
Desenvolvimento e projeto	Como será realizado o projeto do produto? A equipe tem experiência? O que se espera com o projeto da solução de combate a incêndio? Quais os aspectos normativos a solução deve atender? Quais principais atributos desejáveis na solução? Quais especificações finais da solução? Como a solução será prototipada e testada?	Projeto detalhado do produto
Fabricação e Montagem	Como será feita a fabricação e montagem da solução? Quais as etapas e responsáveis da fabricação do produto de combate a incêndio? Quais as documentações técnicas necessárias? Como será feito o processo de certificação para a produção da solução de combate a incêndio? Quais os tipos de certificação serão utilizados? Como é estruturada a cadeia de suprimentos?	Processo produtivo consolidado Produto certificado Produto manufaturado (desejável que o produto possua baixa complexidade, e seja de fácil montagem)
Transporte e Estocagem	Existe alguma restrição para transporte e estocagem do produto de combate a incêndio? Qual peso/volume da solução? Como a solução será transportada e distribuída? Quais recomendações para transporte e estocagem do produto?	Logística adequada
Venda e Compra	Quais são os canais de venda da solução de combate a incêndio? Qual o tempo de entrega? Quais as parcerias necessárias para aumentar as vendas? Quais as garantias da solução de combate a incêndio? Como será estruturado o serviço de pós venda?	Vendas crescentes
Instalação	Como deve ser feita a instalação da solução de combate a incêndio? Quem pode fazer a instalação da solução de combate a incêndio? É necessário fazer intervenções na estrutura? Quais as restrições para instalar a solução de combate a incêndio?	Solução instalada adequadamente
Uso	Quais as recomendações para a utilização do produto de combate a incêndio? Quais as formas de acionamento da solução de combate a incêndio? A solução possui integração com outros sistemas? Como ocorre a detecção do incêndio? Como acontece a extinção do incêndio? O sistema permite checagem para evitar falso positivo de incêndio?	Solução funcionando devidamente

**Quadro 1- Orientação para a análise do ciclo de vida do produto**

Fases do ciclo de vida	Sugestões de questionamentos	Saídas desejáveis
	Quais interfaces permitem conferir os parâmetros de funcionamento?	
Manutenção	Qual o intervalo de tempo deve ser realizado a manutenção? Quais os profissionais capacitados para realizar a manutenção da solução de combate a incêndio? Como deve ser feita a manutenção do sistema de combate a incêndio? A manutenção pode ser efetuada remotamente? É possível gerar relatórios automaticamente?	Plano de manutenção
Atualização/Upgrade	O sistema de combate a incêndio permite atualização? Existe uma programação para atualizar a solução de combate a incêndio?	Acompanhar o desenvolvimento tecnológico e normativo
Reuso, Reciclagem e Descarte	Como acontece a desmobilização do sistema? Qual a vida útil da solução de combate a incêndio? O material utilizado no sistema de combate a incêndio pode ser reaproveitado? Quais partes do sistema não pode ser reaproveitado? Quem é responsável pela destinação adequada após a vida útil do produto?	Adequada destinação

Também foram mapeadas as principais necessidades de acordos os especialistas da área a partir de entrevistas. Estas necessidades foram distribuídas em função das suas características de funcionamento, econômico, segurança, confiabilidade e modularidade nas diferentes etapas do ciclo de vida, conforme apresentado no Quadro 2.

**Quadro 2 - Principais necessidades dos clientes em função da fase do ciclo de vida**

Características Ciclo de vida	Funcionamento	Econômico	Segurança	Confiabilidade	Modularidade
Produção e Montagem		Ser fácil de fabricar; Ter custo baixo de fabricação.			
Transporte e armazenagem		Ser fácil de transportar e armazenar.			
Instalação		Ser fácil de instalar.			
Função	Ter detecção eficiente; Ter acionamento eficiente; Ter extinção rápida.	Ter preço competitivo.	Poder ser aplicado a todas as classes de incêndio.	Ter acesso remoto (Podendo ser monitorado e controlado remotamente).	
Uso	Ter diferentes formas de acionamento; Ser adaptável.	Ter baixa intervenção estrutural para instalação.	Promover extinção sem causar danos no local.	Ter integração com diferentes sistemas (Corpo de bombeiros, Centrais de supervisão).	Ter elevada resistência (em todos os módulos).
Inspeção		Ter fácil inspeção			

Manutenção		Ser fácil/rápido de realizar manutenção; Ter custo baixo de manutenção.			
------------	--	--	--	--	--

Para facilitar a definição das restrições dos sistemas de combate a incêndio, foi construído o Quadro 3, que apresenta questões e aspectos de compatibilização para possíveis restrições do sistema, classe de incêndio, material, qualidade e custo.

**Quadro 3** - Esquema orientativo para levantamento das restrições do projeto de incêndio

Restrições		Questões	Aspectos de compatibilização
Sistema	Espaciais	Quais as dimensões máximas para o equipamento de combate a incêndio?	Deve-se considerar as dimensões de largura, altura e comprimento máximos, levando em conta as questões de produção, logística, instalação e descarte.
		Qual o peso máximo para o equipamento de combate a incêndio?	Deve-se considerar o peso máximo para que seja viável a instalação do sistema.
	Funcionais	Qual a função principal do equipamento de combate a incêndio?	O equipamento de combate a incêndio deve cumprir a função de extinguir/controlar o fogo.
		Quais são as funções auxiliares do equipamento de combate a incêndio?	As funções auxiliares devem fazer com o que o equipamento suprima o incêndio no menor tempo possível, com menos danos durante a extinção
		Qual(is) classe(s) de incêndio o equipamento é destinado a extinguir?	Deve-se definir a(s) classe(s) do incêndio: A,B,C,D e/ou K
		Qual(is) formas de acionamento do equipamento?	Necessário determinar se o equipamento será acionado por ação do fogo, manualmente, por acionadores automáticos, entre outros.
		A solução terá dispositivo de detecção integrado?	Definir se o sistema terá detecção integrada, e se pode comunicar-se com dispositivos de detecção externos.
		A solução terá dispositivo de alarme integrado?	Definir se o sistema terá dispositivo de alerta integrado, e se pode comunicar-se com dispositivos de alarme externos.
	Geométricas	Quais os elementos utilizados para fixação do sistema no ambiente?	O elemento deve ser fixado adequadamente no ambiente que se deseja proteger.
		Quais as formas utilizadas para conectar o equipamento principal e os elementos auxiliares?	Definir os princípios de conexão entre o dispositivo de combate e os sistemas periféricos como detecção, alarme, comandos auxiliares (se houver).
	Venda	Existe alguma limitação com relação a distribuição e venda que determinam as características do equipamento de combate a incêndio?	Se existir, deve ser considerado no projeto do equipamento de combate a incêndio.

**Quadro 3** - Esquema orientativo para levantamento das restrições do projeto de incêndio

Restrições		Questões	Aspectos de compatibilização
	Instalação	Existe alguma limitação com relação a instalação do equipamento de combate a incêndio?	Se existir, deve ser considerado no projeto do equipamento de combate a incêndio.
	Uso	Existe chances de falha do equipamento durante o uso?	Projetar formas alternativas de ativar o dispositivo, de modo que não falhe durante o combate ao fogo.
		Existe alguma limitação com relação ao uso do equipamento de combate a incêndio?	Se existir, deve ser considerado no projeto do equipamento de combate a incêndio.
	Manutenção	Quais as partes do equipamento devem ser monitoradas com maior constância?	Facilitar a vistoria dos elementos críticos do equipamento.
		Como acontecerá a manutenção preventiva e preditiva?	Considerar no projeto dispositivos facilitadores para manutenção preventiva e preditiva.
Desuso	Qual a destinação do equipamento após o uso?	Considerar no projeto qual a destinação do equipamento, se será reuso, reciclagem ou descarte	
Classe de incêndio	Classe A - combustíveis sólidos (papel, madeira, polímero, tecido)	Quais os principais métodos de extinção?	Para a classe A, considerar que os principais métodos de extinção são: resfriamento e abafamento.
		Quais agentes extintores sugeridos?	Para a classe A, considerar que os principais agentes extintores são: água, pó químico seco, espuma, <i>wet chemical</i> , névoa de água e agente limpo
	Classe B - materiais líquidos combustíveis inflamáveis (gasolina, óleos, álcool...)	Quais os principais métodos de extinção?	Para a classe B, considerar que os principais métodos de extinção são: afastamento, abafamento e quebra da reação em cadeia.
		Quais agentes extintores sugeridos?	Para a classe B, considerar que os principais agentes extintores são: pó químico seco, espuma, CO <sub>2</sub> , agente limpo
	Classe C - Equipamentos e instalações elétricas energizadas (computadores, geradores, tomadas, elevadores...)	Quais os principais métodos de extinção?	Para a classe C, considerar que os principais métodos de extinção são: afastamento, abafamento, quebra da reação em cadeia
		Quais agentes extintores sugeridos?	Para a classe C, considerar que os principais agentes extintores são: pó químico seco, CO <sub>2</sub> , névoa de água, agente limpo.
	Classe D - Metais combustíveis pirofóricos (magnésio, titânio, zircônio, lítio, pó de alumínio)	Quais os principais métodos de extinção?	Para a classe D, considerar que os principais métodos de extinção são: abafamento.
		Quais agentes extintores sugeridos?	Para a classe D, considerar que os principais agentes extintores são: agente extintor específico para classe D.

**Quadro 3** - Esquema orientativo para levantamento das restrições do projeto de incêndio

Restrições		Questões	Aspectos de compatibilização
Classe K - Óleos (gorduras animais em estado líquido, graxas)		Quais os principais métodos de extinção?	Para a classe K, considerar que os principais métodos de extinção são: abafamento.
		Quais agentes extintores sugeridos?	Para a classe D, considerar que os principais agentes extintores são: agente extintor específico para classe K, <i>wet chemical</i> .
Material		Quais materiais serão utilizados?	Selecionar o material com melhor custo benefício para ser utilizado em cada parte do equipamento.
		Qual a resistência mínima do material ao fogo?	Deve-se selecionar o material considerando a elevada temperatura em situações de incêndio.
		Qual a resistência mínima do material ao impacto?	Deve-se considerar qual a intensidade do impacto que o equipamento será submetido
		O agente extintor utilizado reage com algum tipo de material?	A depender do agente extintor selecionado, deve-se verificar a possibilidade de reação com o material que condiciona o agente extintor.
Qualidade		Qual a qualidade exigida da solução?	Verificar a necessidade de certificação, e nível de qualidade exigida.
Custo		Qual o custo máximo para a concepção da solução?	Deve ser definido um orçamento máximo para desenvolvimento da solução considerando todo ciclo de vida.
		Qual o preço máximo pago pelo mercado?	Deve ser levado em conta o custo dos sistemas similares, e o custo da concepção da solução, certificação, testes, impostos, taxas (todos os custos envolvidos) e estabelecer o preço de venda, compatível com o preço que o cliente está disposto a pagar.

Além disso, com base nos 40 princípios inventivos (PI) propostos pela TRIZ, em estudos de caso e nas normas brasileiras foram listadas as principais funções que podem ser consideradas no desenvolvimento do processo de desenvolvimento de equipamentos de combate a incêndio, com intuito de orientar, e sob hipótese alguma limitar o desenvolvimento de soluções de combate a incêndio. Conforme apresentado no Quadro 4.

**Quadro 4**- Funções relacionadas aos princípios inventivos da TRIZ, estudo de caso e normas brasileiras

Funções	Origem
Modular dispositivo	PI TRIZ - 1. Segmentação
Liberar agente extintor	PI TRIZ - 2. Extração
Integrar atuador e dispositivo de combate	PI TRIZ - 3. Qualidade local
Conceber aspersores assimétricos	PI TRIZ - 4. Assimetria
Combinar sensores e controladores	PI TRIZ - 5. Combinando

**Quadro 4-** Funções relacionadas aos princípios inventivos da TRIZ, estudo de caso e normas brasileiras

<b>Funções</b>	<b>Origem</b>
Integrar detecção, alarme e extinção de incêndio em um único dispositivo	PI TRIZ - 6. Universalidade
Possibilitar a compactação	PI TRIZ - 7. Aninhamento
Utilizar suportes	PI TRIZ - 8. Neutralizar o peso (Counterweight)
Compensar tensão sobre dispositivo	PI TRIZ - 9. Contador de ação antecessor
Direcionar agente extintor	PI TRIZ - 10. Ação antecessora
Permitir formas alternativas de atuação	PI TRIZ - 11. Amortecer antecipadamente
Atuar remotamente	PI TRIZ - 12. Equipotencialidade.
Alterar posição do dispositivo	PI TRIZ - 13. Inversão
Permitir o movimento giratório do aspersor	PI TRIZ - 14. Esfericidade
Promover a movimentação automática	PI TRIZ - 15. Dinamicidade
Inserir redundância	PI TRIZ - 16. Ação parcial ou exagerada
Permitir deslocamento do dispositivo	PI TRIZ - 17. Movendo para uma nova dimensão
Suprimir o fogo a partir da vibração mecânica	PI TRIZ - 18. Vibração mecânica
Usar sinalizador pulsante	PI TRIZ - 19. Ação periódica
Aspergir o agente extintor ininterruptamente	PI TRIZ - 20. Continuidade de uma ação útil
Acionar dispositivo imediatamente	PI TRIZ - 21. Tornar mais rápido (rushing through)
Usar o fogo para acionar o dispositivo	PI TRIZ - 22. Converter dano em benefício
Introduzir realimentação	PI TRIZ - 23. Realimentação
Verificar status de operação	PI TRIZ - 24. Mediador
Fazer o objeto se auto reparar	PI TRIZ - 25. Auto-serviço
Reproduzir ações conhecidas	PI TRIZ - 26. Copiando
Utilizar invólucro que seja consumido no fogo	PI TRIZ - 27. Uso e descarte
Utilizar um atuador eletromagnético	PI TRIZ - 28. Substituição de um sistema mecânico
Promover expansão volumétrica	PI TRIZ - 29. Construção pneumática ou hidráulica
Revestir com membrana anti-chamas	PI TRIZ - 30. Membranas flexíveis ou filmes finos
Proteger sistema com material poroso	PI TRIZ - 31. Utilize material poroso
Destacar a cor dos elementos de combate Alertar presença do incêndio	PI TRIZ - 32. Alteração da cor
Usar agente extintor homogêneo	PI TRIZ - 33. Homogeneidade
Utilizar material que seja consumido pelo fogo	PI TRIZ - 34. Rejeitando e regenerando partes
Alterar o sistema técnico	PI TRIZ - 35. Transformação dos estados físicos e químicos de um objeto
Usar aumento da temperatura na transformação de fases	PI TRIZ - 36. Transformação de fase
Expandir termicamente elemento de atuação	PI TRIZ - 37. Expansão térmica
Abafar o fogo	PI TRIZ - 38. Utilize oxidantes fortes
Utilizar gás inerte	PI TRIZ - 39. Ambiente inerte
Combinar materiais	PI TRIZ - 40. Materiais compostos
Determinar mecanismo de extinção	Estudo de caso
Estabelecer método de acionamento	Estudo de caso



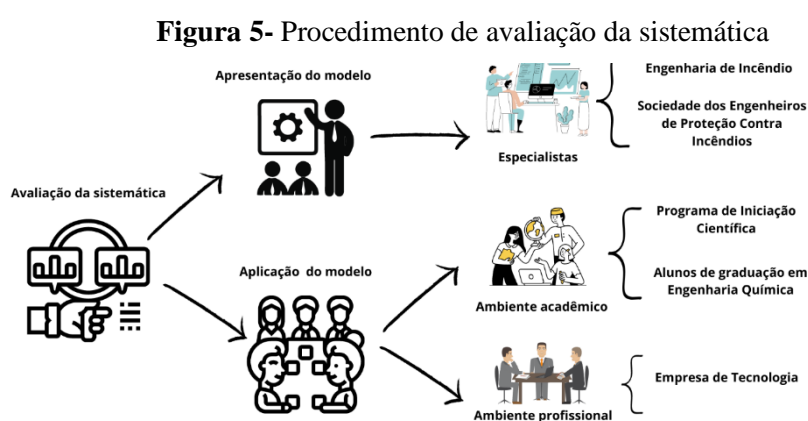
**Quadro 4-** Funções relacionadas aos princípios inventivos da TRIZ, estudo de caso e normas brasileiras

<b>Funções</b>	<b>Origem</b>
Definir agente extintor	Estudo de caso
Instalar a solução de combate	Estudo de caso
Detectar o incêndio	Estudo de caso
Processar informação dos detectores	Estudo de caso
Alertar a presença do incêndio	Estudo de caso
Monitorar o ambiente	Estudo de caso
Controlar o ambiente	Estudo de caso
Verificar status de funcionamento	Estudo de caso
Usar extintores portáteis	ABNT NBR 15808:2013
Usar extintores sobre rodas	ABNT NBR 15809:2013
Monitorar a pressão	ABNT NBR 15808:2013
Extinguir incêndio com pó	ABNT NBR 9695:2014
Extinguir incêndio com espuma	ABNT NBR 15511
Operar mangueira de incêndio	ABNT NBR 11861:1998
Sinalizar o ambiente	ABNT NBR 13434-3:2005
Utilizar Sprinklers	ABNT NBR 16400
Regular aspersor	ABNT NBR 14870-1:2013
Operar central de alarme e detecção	ABNT NBR 7240-2:2012
Acionar manualmente os alarmes	ABNT NBR 7240-11:2012
Utilizar alarme sonoro	ABNT NBR 7240-3:2015
Utilizar alarme visual	ABNT NBR 7240-23:2016
Definir fontes de alimentação para centrais de alarme	ABNT NBR 7240-4:2013
Detectar fumaça por dispersão de luz ou ionização	ABNT NBR 7240-7:2015
Detectar a temperatura	ABNT NBR 7240-5:2014
Usar cilindro de aço para extintor de CO <sub>2</sub>	ABNT NBR 16357:2015
Usar válvulas e acessórios para hidrantes	ABNT NBR 16021:2011
Escolher cilindros para gás limpo	NBR/ISSO 9808-1:2015
Instalar sistema de iluminação de emergência	ABNT NBR 10898:2013
Instalar sistema de hidrantes e mangotinhos	ABNT NBR 13714:2000

Com o intuito de verificar se o modelo proposto atende aos critérios de Aplicabilidade, Clareza Gráfica e Rigor da Representação, Completeza, Robustez e Reusabilidade e Eficiência Econômica foi realizada uma avaliação do modelo desenvolvido, que será apresentada na seção a seguir.

## AVALIAÇÃO DO MODELO DESENVOLVIDO

A avaliação visa verificar se o modelo atende ao objetivo deste estudo, que é de: “Propor um modelo de apoio para projeto informacional e conceitual de soluções de combate a incêndio em edificações”. Assim o modelo apresentado foi testando em diferentes formatos, por meio de apresentações do modelo para especialistas da área, workshops de aplicação das etapas, executado no ambiente acadêmico, por grupo de iniciação científica e grupos de alunos da graduação em Engenharia Química, e no ambiente profissional, por colaboradores de uma empresa de tecnologia. A Figura 7 ilustra o procedimento de avaliação da sistemática.



Inicialmente foram feitas apresentações do modelo para especialistas: Pós-graduação em Engenharia de Incêndio e; Sociedade dos Engenheiros de Proteção Contra Incêndio. O principal objetivo das apresentações para os especialistas foi obter *feedbacks* sobre os aspectos técnicos, estruturação do modelo, necessidade da ferramenta na prática e pontos de melhoria. Em seguida, o modelo proposto foi aplicado por meio de *workshops* e executado por três grupos: Alunos de iniciação científica; Graduandos da Engenharia Química e; Profissionais de uma empresa de tecnologia.

A primeira avaliação foi feita por 3 estudantes do curso de Engenharia de Produção em pesquisa de iniciação científica, projeto cadastrado sob o nº SEI 073.11155.2022.0015422-66. A segunda forma de avaliação foi a realização de um *workshop* com 3 encontros presenciais com duração de 6 horas, durante 15 dias de pesquisa, para 21 estudantes do Curso de Engenharia Química. A terceira rodada da avaliação foi direcionada para os profissionais de uma empresa de tecnologia, em que foram realizados 2 encontros presenciais com duração de 6 horas para 8 colaboradores, durante 15 dias.

Para analisar as três rodadas de avaliação do modelo, os participantes foram consultados a partir de um questionário, quanto ao atendimento dos critérios, conforme apresentado na literatura (BIESEK, 2018; INTHAMOUSSU, 2015; IBARRA, 2007). O questionário possui 8 seções, sendo a primeira para identificação do respondente e mais 7 seções que objetiva avaliar

os seguintes critérios: Aplicabilidade, Clareza Gráfica e Rigor da Representação, Completeza, Robustez e Reusabilidade e Eficiência Econômica. O questionário é composto por 22 questões em escala *likert* de 1 a 5 sobre o modelo de apoio ao desenvolvimento de soluções de combate a incêndio, e uma questão aberta e não obrigatória, para que o respondente exponha sua opinião de forma livre.

O procedimento geral de aplicação do *workshop* consistiu em: inicialmente é proposto um problema para que o grupo solucione com as ferramentas tradicionais, sem acesso ao modelo proposto deste estudo, tendo um tempo de aproximadamente uma semana para desenvolvimento e apresentação da solução. Em seguida, os participantes recebem o material de apoio impresso e encadernado e cada etapa é explicada pela autora com auxílio de *slides*, os encontros são presenciais, e os grupos desenvolvem a solução durante o *workshop* e se encontram fora do ambiente de apresentação para avançar na elaboração da proposta. A Tabela 1 apresenta os resultados das avaliações.

**Tabela 1-** Resultados das avaliações dos modelos propostos

Questões	Grupo de estudantes da Engenharia Química	Grupo de Iniciação Científica	Grupo de profissionais
A orientação sobre a definição das interfaces e o questionário de apoio auxiliou na determinação das principais interfaces do sistema de combate incêndio?	4,8% Não estou decidido 14,2% Concordo 81,0% Concordo totalmente	100% Concordo totalmente	37,5% Concordo 62,5% Concordo totalmente
A compilação das principais soluções disponibilizadas no site ( <a href="https://fireprotections.wixsite.com/wbsitesite">https://fireprotections.wixsite.com/wbsitesite</a> ) ajudou na análise dos produtos similares?	9,5% Não estou decidido 23,8% Concordo 66,7% Concordo totalmente	100% Concordo totalmente	12,5% Não estou decidido 25,0% Concordo 62,5% Concordo totalmente
O questionário para análise do ciclo de vida contribuiu para a determinação e análise das fases do ciclo de vida da solução de combate a incêndio?	9,5% Não estou decidido 23,8% Concordo 66,7% Concordo totalmente	100% Concordo totalmente	50,0% Concordo 50,0% Concordo totalmente
O mapeamento das principais necessidades segundo os especialistas ajudou na definição das necessidades da solução de combate a incêndio?	9,5% Concordo 90,5% Concordo totalmente	100% Concordo totalmente	12,5% Concordo 87,5% Concordo totalmente
A pontuação das necessidades pelos especialistas, em grau de importância, auxiliou na qualificação dos pesos das necessidades?	28,6% Concordo 71,4% Concordo totalmente	100% Concordo totalmente	37,5% Concordo 62,5% Concordo totalmente
O esquema orientativo para levantamento das restrições do projeto de incêndio contribuiu para a definição das restrições do produto?	4,8% Não estou decidido 28,6% Concordo 66,6% Concordo totalmente	100% Concordo totalmente	25,0% Concordo 75,0% Concordo totalmente
Os exemplos de diretrizes de projeto de combate a incêndio colaboram para a definição das diretrizes?	4,8% Não estou decidido 33,3% Concordo	100% Concordo totalmente	12,5% Concordo 87,5% Concordo totalmente

**Tabela 1- Resultados das avaliações dos modelos propostos**

	61,9% Concorde totalmente		
Calculadora on-line da matriz TRIZ adaptada auxiliou na utilização e entendimento dos parâmetros de engenharia e princípios inventivos da matriz TRIZ?	4,8% Não estou decidido 14,2% Concorde 81,0% Concorde totalmente	100% Concorde totalmente	50,0% Concorde 50,0% Concorde totalmente
A lista de funções apresentada contribuiu para a definição das funções do produto?	23,8% Concorde 76,2% Concorde totalmente	100% Concorde totalmente	12,5% Concorde 87,5% Concorde totalmente
Você considera importante a orientação em níveis de segurança contra incêndio para tomada de decisão da forma de proteção?	4,8% Concorde 95,2% Concorde totalmente	100% Concorde totalmente	
O modelo apresentado orienta o desenvolvimento dos projetos informacional e conceitual para a concepção de soluções de combate a incêndio?	9,5% Concorde 90,5% Concorde totalmente	66,7% Concorde totalmente 33% Concorde	100% Concorde totalmente
As ferramentas propostas e o material disponibilizado contribuíram para a concepção da solução?	9,5% Concorde 90,5% Concorde totalmente	100% Concorde totalmente	12,5% Concorde 87,5% Concorde totalmente
A sugestão de avaliação de soluções proposta foi pertinente para verificar o atendimento dos requisitos do produto?	28,6% Concorde 71,4% Concorde totalmente	66,7% Concorde totalmente 33% Concorde	100% Concorde totalmente
O modelo destacou a importância de reportar todas as informações pertinentes, lições aprendidas e considerações finais do processo?	19,0% Concorde 81,0% Concorde totalmente	100% Concorde totalmente	12,5% Concorde 87,5% Concorde totalmente
O modelo proposto se aplica às necessidades do desenvolvimento de produtos de combate a incêndio em edificações?	4,8% Não estou decidido 23,8% Concorde 71,4% Concorde totalmente	66,7% Concorde totalmente 33% Concorde	12,5% Concorde 87,5% Concorde totalmente
A representação gráfica desse modelo (fluxo de processo e matriz) apresenta de forma clara e amigável as fases e atividades?	9,5% Não estou decidido 28,6% Concorde 61,9% Concorde totalmente	100% Concorde totalmente	12,5% Não estou decidido 25,0% Concorde 62,5% Concorde totalmente
A representação dessa sistemática (fluxo de processo e matriz) apresenta de forma objetiva as fases e atividades de forma a não haver redundância?	14,3% Não estou decidido 28,6% Concorde 57,1% Concorde totalmente	100% Concorde totalmente	12,5% Concorde 87,5% Concorde totalmente
O modelo possui toda a informação necessária para apoiar o desenvolvimento das fases de projeto informacional e conceitual para soluções de combate a incêndio?	23,8% Concorde 76,2% Concorde totalmente	100% Concorde totalmente	62,5% Concorde 37,5% Concorde totalmente
O modelo proposto pode ser generalizado para diferentes classes de produtos de combate a incêndio?	14,3% Não estou decidido 23,8% Concorde 61,9% Concorde totalmente	100% Concorde totalmente	100% Concorde totalmente
A estrutura do modelo pode ser adaptada para uso em outros tipos de produtos?	9,5% Não estou decidido 23,8% Concorde	100% Concorde totalmente	12,5% Não estou decidido 50,0% Concorde

**Tabela 1- Resultados das avaliações dos modelos propostos**

	66,7% Concordo totalmente		37,5% Concordo totalmente
A execução do modelo, mantendo a qualidade de execução adequada, é enxuta em termos de recursos e tempo, de modo a manter uma relação custo versus benefício viável?	14,3% Não estou decidido 23,8% Concordo 61,9% Concordo totalmente	100% Concordo totalmente	50,0% Concordo 50,0% Concordo totalmente
O modelo proposto auxilia o desenvolvimento de sistemas de combate a incêndio?	4,8% Concordo 95,2% Concordo totalmente	100% Concordo totalmente	100% Concordo totalmente

Analisando os resultados das avaliações de uma forma geral, pode-se destacar que o modelo foi considerado de grande importância para o apoio ao desenvolvimento de produtos de combate a incêndio no nível de proteção avançada. Um limitante para a utilização da sistemática, segundo os especialistas, é que o Brasil é negligente com a segurança contra incêndio, tendo significativas dificuldades de cumprir o nível básico de proteção e o presente modelo é direcionado ao nível avançado.

Avaliando a aplicação do modelo nos ambientes acadêmicos e profissionais, verificou-se que as soluções propostas pelos participantes, antes da utilização da sistemática proposta neste artigo, solucionavam parcialmente o problema apresentado. De modo geral, as soluções foram limitadas a melhorias de sistemas tradicionais, em que foram otimizados alguns requisitos em função da degradação de outros. Os participantes relataram dificuldade em encontrar material na literatura para o desenvolvimento da solução. No entanto, percebeu-se que com a utilização do modelo as soluções foram mais conformes, a construção da solução foi fundamentada nas interfaces do problema, um maior número de requisitos foi considerado e atendido com propostas de solução mais criativas.

Com a aplicação do questionário, verificou-se que nenhum dos grupos discordou do atendimento dos critérios de Aplicabilidade, Clareza Gráfica e Rigor da Representação, Completeza, Robustez e Reusabilidade e Eficiência Econômica. Observando a aplicação no grupo de iniciação científica, pode-se destacar, que foi o que apresentou menor dificuldade com a utilização da ferramenta, pois o tempo de preparação e execução do modelo foi significativamente maior. Tendo 8 meses de estudos preliminares, e 4 meses para execução do modelo com encontros semanais. Diferentemente dos outros grupos que tiveram um tempo total de 15 dias. Neste sentido, pode-se destacar que o tempo para a aplicação do modelo de desenvolvimento de produto é um fator importante.

Já o grupo de alunos de graduação teve dificuldade em função do tempo de aplicação da sistemática, e para buscar mitigar o impacto foram produzidos vídeos de apoio e espaço para orientação e dúvidas. Este grupo teve maior quantidade de participantes, que contribuiu significativamente para o enriquecimento das soluções, pois foi considerado diferentes

perspectivas sobre o problema. Assim, é possível salientar que uma equipe multidisciplinar contribui significativamente para o desenvolvimento de uma solução mais conforme.

Já durante a aplicação da sistemática com os colaboradores da empresa de tecnologia, percebeu-se maior facilidade da utilização das ferramentas, e as soluções apresentadas embarcaram tecnologias como IoT (internet das coisas) e AI (inteligência artificial). Que são tendências de desenvolvimento para este tipo de solução. Uma constatação que pode ser feita é que a experiência e maturidade da equipe é um fator importante para o desenvolvimento da solução. Em suma, os principais aspectos positivos e pontos de melhoria que podem ser evidenciados a partir da opinião dos participantes durante a avaliação do modelo são apresentados Quadro 5.

**Quadro 5-** Aspectos positivos e de melhoria da sistemática proposta segundo os participantes

<b>Aspectos positivos</b>	<b>Pontos de melhoria</b>
Clareza e síntese do conteúdo	Estruturar um segundo modelo com foco na prevenção do incêndio
Considera o conhecimento dos especialistas para apoiar o desenvolvimento das soluções	Adicionar uma linha no quadro de exemplos práticos e de diretrizes de projeto de combate a incêndio, explicando o que são parâmetros de Engenharia
O modelo estrutura as etapas do desenvolvimento de produtos e facilita significativamente o processo	Avançar nas pesquisas relacionadas a Engenharia de Incêndio
Amplia as possibilidades de geração de soluções	Estruturar etapas para otimizar os custos
Estimula o desenvolvimento de soluções com maior inovação	Apresentar mais ilustrações para facilitar a compreensão das etapas
Promove trabalho em equipe	Aumentar o tempo para a aplicação da ferramenta
Modelo completo e explicativo	Detalhar mais as etapas, para ser aplicada sem necessidade de orientação
As ferramentas adaptadas facilitam o desenvolvimento de melhores soluções para o problema	Utilizar recursos de <i>hackathon</i> para aplicação do modelo
O modelo proporciona uma melhor organização da problemática para desenvolver o produto adequado	

Os pontos de melhoria destacados pelos participantes de: i) *Adicionar uma linha no quadro de exemplos práticos e de diretrizes de projeto de combate a incêndio, explicando o que são parâmetros de Engenharia*; ii) *Detalhar mais as etapas, para ser aplicada sem necessidade de orientação* e iii) *Apresentar mais ilustrações para facilitar a compreensão das etapas* foram incorporados no modelo completo. No entanto, os pontos: iv) *Estruturar um segundo modelo com foco na prevenção do incêndio*; v) *Avançar nas pesquisas relacionadas a Engenharia de Incêndio*; e vi) *Estruturar etapas para otimizar os custos*, são aspectos importantes para a melhoria da área de segurança contra incêndio, no entanto ultrapassa o escopo da presente pesquisa, ficando recomendado para trabalhos futuros. Outros pontos de melhorias levantados como: *Aumentar o tempo para a aplicação da ferramenta*; e *Utilizar recursos de hackathon para aplicação do modelo* são adaptáveis à forma de aplicação da sistemática.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no resultado das avaliações do modelo proposto, verifica-se que os critérios de Aplicabilidade, Clareza Gráfica e Rigor da Representação, Completeza, Robustez e Reusabilidade e Eficiência Econômica foram contemplados pelo modelo, segundo os participantes. No entanto, a sistemática possui algumas limitações como: i) O tempo de aplicação, experiência e competência da equipe influenciam significativamente no resultado; ii) Necessita de um considerável tempo para introdução da solução no mercado, devido à natureza do produto; iii) País encontra-se com dificuldade de implantação do nível básico e o modelo é voltado para o nível avançado; iv) Dificuldade de aplicar em larga escala, pois há pouco conhecimento sobre a segurança de incêndio no país, sendo uma área negligenciada; v) O modelo não contempla a estimativa do custo do desenvolvimento; e vi) A sistemática se limita ao projeto informacional e conceitual.

Assim, recomenda-se para trabalhos futuros estruturar etapas para estimar e otimizar os custos da solução gerada, e ampliar o escopo da sistemática contemplado as etapas para o projeto detalhado. Por fim, considerando o escopo da pesquisa, pode-se afirmar que o objetivo deste trabalho que é propor um modelo de apoio para projeto informacional e conceitual de soluções de combate a incêndio em edificações, foi atendido.

## AGRADECIMENTOS

SENAI CIMATEC pela infraestrutura e Fapesb pelo suporte financeiro BOL nº 3014/2019.

## REFERÊNCIAS

ASSAD, D. A. B. **Projeto conceitual de órtese estabilizadora para o ombro**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2018.

ASYRAF, M.R.M., RAFIDAH, M., ISHAK, M., SAPUAN, S.M., YIDRIS, N., ILYAS, R.A., RAZMAN, M.R., 2020. New concept for indoor fire fighting robot. **Polymer Composites** 41, 2537–2979.

BARBALHO, S. C. M. **Modelo de referência para o desenvolvimento de produtos mecatrônicos: proposta e aplicações**. Universidade de São Paulo USP, São Carlos, p. 275, 2006.

BENTO-GONÇALVES, A., VIEIRA, A., Wildfires in the wildland-urban interface: Key concepts and evaluation methodologies. **Science of The Total Environment** 707, 135592. 2020.

BIESEK, F. L. **Modelo para integração das áreas de conhecimento de projeto e manufatura por intermédio do MRL (manufacturing readiness level) e do DFMA (design for manufacturing and assembly) na fase de desenvolvimento de tecnologia de produto**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, 2018.

BLACK, Laura J.; REPENNING, Nelson P. Why firefighting is never enough: preserving high-quality product development. *System Dynamics Review: The Journal of the System Dynamics Society*, v. 17, n. 1, p. 33-62, 2001.

BRUSHLINSKY, N. N., AHRENS, M., SOKOLOV, S. V., WAGNER, P. World fire statistics. **Center of fire statistics 2017**. Report, 24. International Association of Fire and Rescue Services, 2019.

BURDIN, A.M., **Mobile fire extinguishing apparatus with pressurized foam generation**. US Patent 16,627,509. 2020.

FERREIRA, C. V. **Metodologia para as Fases de Projeto Informacional e Conceitual de Componentes de Plástico Injetado Integrando os Processos de Projeto e Estimativa de Custos**. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado)- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.329 f, 2002.

FERREIRA, M. **Treinamento a avançado segurança contra incêndio**. Society of Fire Protection Engineers – SFPE. 2021.

GHAMANDE, M.V., MAJJI, J., POTNIS, A., VERMA, S., DEGLOORKAR, C., Sonic fire extinguisher. *International Journal of Scientific Research and Review* 7. 2019.

IBARRA, J. A. P. **Implementación de un Sistema de Comunicación Inalámbrico entre un UAV/RPA consuestación Terrena para la Transmisión de Imágenes Térmicas entiempo real y su utilización en el Control de Incendios**. Dissertação de Mestrado. PUCE- Pontifícia Universidade Católica do Equador, 2016.

INNOCENTE, M.S., GRASSO, P., 2019. Self-organising swarms of firefighting drones: Harnessing the power of collective intelligence in decentralised multi-robot systems. *Journal of Computational Science* 34, 80–101.

INTHAMOUSSU, E.M.R. **Sistemática para a integração do planejamento do produto com o planejamento do projeto**: Enfoque no desenvolvimento de tecnologias para eletrodomésticos. 2015. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

LI, Y. Z. Study of fire and explosion hazards of alternative fuel vehicles in tunnels. *Fire Safety Journal*, v. 110, p. 102871, 2019.

LIM, J.W., BAALISAMPANG, T., GARANIYA, V., ABBASSI, R., KHAN, F., Ji, J., Numerical analysis of performances of passive fire protections in processing facilities. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 62, 103970. 2019.

LIMA, G. P. A., ARAUJO, D. V. G., BARBOSA, J. D. V., BEAL, V. E., Gerber, J. Z. “Overview of engineering fire protection solutions in structures”, *International Journal of Development Research*, 11, (02), 44189-44194, 2021.

LIMA, G. P. A., BARBOSA, J. D. V., BEAL, V. E., GONÇALVES, M. A. M. S., MACHADO, B. A. S., GERBER, J. Z., & LAZARUS, B. S. Exploratory analysis of fire statistical data and prospective study applied to security and protection systems. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 102308. 2021.



MENDES, G. H. D. S. **O processo de desenvolvimento de produto em empresas de base tecnológica: caracterização da gestão e proposta de modelo de referência.** Tese de Doutorado Universidade Federal de São Carlos. 2008.

MURBACK, F. G. R. **Análise de riscos e efeitos no projeto informacional e conceitual: uma abordagem ontológica.** Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Itajubá. 2018.

NAKAMURA, R. **Alinhamento do modelo de referência do processo de desenvolvimento de produtos entre cliente (montadora) e fornecedor de primeiro nível no segmento automotivo.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2017.

OKUMURA, M. L. M. **Modelo Conceitual de Projeto Orientado para Tecnologia Assistiva – MPOTA.** Tese (Doutorado em Engenharia da Produção) Programa de pós-graduação em engenharia de produção e sistemas – PPGEPS. Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR, Curitiba, PR, 2017.

OLAWOYIN, R. Nanotechnology: The future of fire safety. *Safety science*, v. 110, p. 214-221, 2018.

PAULA, I. C. **Proposta de um modelo de referência para o processo de desenvolvimento de produtos farmacêuticos.** Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Porto Alegre, 2004.

RABELO, E. **Proposta de um modelo de descoberta de conhecimento para o projeto informacional do processo de desenvolvimento do produto.** Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP. SANTA BÁRBARA D'OESTE, 2017.

RODRIGUES, E. E. C. **Sistema de gestão da segurança contra incêndio e pânico nas edificações: fundamentação para uma regulamentação nacional.** Tese de Doutorado. Universidade de Coimbra (Portugal). 2016.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; TOLEDO, J. C.; SILVA, S. L.; ALLIPRANDINI, D. H.; SCALICE, R. K. **Gestão do Desenvolvimento de Produtos: Uma referência para a melhoria do processo.** Saraiva, São Paulo, 2006.

SÃO PAULO (Estado). Decreto Estadual nº 56.819 de 10 de março de 2011. **Institui o Regulamento de Segurança contra Incêndio das edificações e áreas de risco no Estado de São Paulo e estabelece outras providências.** São Paulo, 2011.

SIDDIQUI, N.A., TAUSEEF, S., ABBASI, S.A., KHAN, F.I., *Advances in Air Pollution Profiling and Control: Select Proceedings of HSFEA 2018.* Springer Nature. 2020.

TAVARES, R.M., SILVA, A.C.P., DUARTE, D., Códigos prescritivos x códigos baseados no desempenho: qual é a melhor opção para o contexto do Brasil. **In:** Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 22., out. 2002.

THOMAS, A., MOINUDDIN, K., ZHU, H., JOSEPH, P. Passive fire protection of wood using some bio-derived fire retardants. **Fire Safety Journal**, 103074. 2020.

ZLATANOVIC, L., VREEBURG, J., HOEK, J.P.V.D., POZNAKOV, I. An experimental study on the spray characteristics of residential sprinklers under low-flow and low-pressure conditions. **Fire Safety Journal** 68, 30–40. 2014.