

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

FERNANDO HENRIQUE BEE

**PROCEDIMENTO PARA GESTÃO E DETERMINAÇÃO DE REQUISITOS  
TÉCNICOS DE DISPOSITIVOS DO PROCESSO INDUSTRIAL DE  
PINTURA DE UMA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO  
(Tcc2 - Nº de Inscrição - 25)

CURITIBA

2015

FERNANDO HENRIQUE BEE

**PROCEDIMENTO PARA GESTÃO E DETERMINAÇÃO DE REQUISITOS  
TÉCNICOS DE DISPOSITIVOS DO PROCESSO INDUSTRIAL DE  
PINTURA DE UMA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA**

Monografia do Projeto de Pesquisa apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso - Tcc2 do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para aprovação na disciplina.

Orientador: Prof. Edmar Hinckel

CURITIBA

2015

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

Por meio deste termo, aprovamos a monografia do Projeto de Pesquisa "PROCEDIMENTO PARA GESTÃO E DETERMINAÇÃO DE REQUISITOS TÉCNICOS DE DISPOSITIVOS DO PROCESSO INDUSTRIAL DE PINTURA DE UMA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA", realizado pelo aluno(s) Fernando Henrique Bee, como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso - Tcc2, do curso de Engenharia Industrial Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Prof. Edmar Hinckel

DAMEC, UTFPr

Orientador

Prof. Alfredo Vrubel

DAMEC, UTFPr

Avaliador

Prof. Dr. Rodrigo Lupinacci Villanova

DAMEC, UTFPr

Avaliador

**Curitiba, 16 de julho de 2015.**

## DEDICATÓRIA

À família – Ana Paula, Hilda e Lori Antonio.

À Joaquim Mauro – com pouco recurso transformou ideias em protótipos.

À Fabiano Ronsani Silva – pela motivação de toda a equipe.

Ao Processo, da Carroceria à Montagem – Fabricação, Manutenção e Engenharia fizeram parte dessa história.

À todas as pessoas que contribuíram com ideias e trabalho – operadores, gestores, técnicos, fornecedores, professores e colegas.

## RESUMO

BEE, Fernando (aluno). Procedimento para gestão e determinação de requisitos técnicos de dispositivos do processo industrial de pintura de uma indústria automobilística. 2015. 55f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação de Engenharia Industrial Mecânica), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

Dispositivos do processo industrial de pintura automotiva (DPs) são mecanismos mecânicos projetados para posicionar as partes móveis da carroceria a fim de favorecer os processos de pintura. Tais processos possuem características químico-físicas com potencial de comprometer mecanismos não adaptados de modo que a falha de determinada função de um DP frequentemente acaba comprometendo a qualidade da pintura, implicando em retoques das regiões afetadas. Além disso, as operações com esse ferramental demandam determinado esforço por parte dos operadores que os manipulam ao longo da linha de produção. Neste contexto, através de análises, adaptações e desenvolvimento de novos DPs, profissionais da Fabricação, Qualidade e Engenharia de Processo buscam a eliminação de retoques e melhores modos operatórios. Através de procedimentos adaptados à demanda da planta industrial estudada, este trabalho capitalizou energia e tempo despendidos no Processo (chão de fábrica) ao estabelecer condições para a garantia da Qualidade no desenvolvimento e gestão do ferramental. Dessa forma criou-se um fluxo de informações técnicas valiosas para gestores e projetistas.

**Palavras-chave:** Dispositivos do processo industrial de pintura automotiva (DPs). Pintura. Qualidade. Gestão. Requisitos de técnicos.

## ABSTRACT

BEE, Fernando (student). Procedure for management and determination of technical requirements for devices of industrial painting process of an automotive industry. 2015. 55f. Work Completion of course (Graduate Industrial Mechanical Engineering), Federal Technological University of Paraná. Curitiba, 2015.

Devices of the industrial process of automotive paint (DPs) are mechanical mechanisms designed to position the moving parts of the body in order to favor the painting processes. Such processes have the chemical-physical characteristics with no potential to compromise mechanisms adapted so that the failure of a particular function often ends up compromising the DP paint quality, implying touches the affected regions. In addition, operations with tools that require determined effort by operators who manipulate along the production line. In this context, through analysis, adaptation and development of new DPs, professionals Manufacturing, Quality and Process Engineering seek the elimination of touches and better operational methods. Through processes tailored to the demand of the studied industrial plant, this work capitalized time and energy given off in Process (factory floor) attaching conditions to the quality assurance in the development and management tools. Thus is created a flow of valuable technical information for managers and planners.

**Keywords:** Industrial Process Device automotive paint (DPs). Painting. Quality. Management. Technical requirements

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Fotografias de trechos da linha de produção de pintura.....	1
Figura 2: Modelo 3D com DPs em destaque.....	2
Figura 3: Fluxograma da tratativa de defeitos de pintura.....	3
Figura 4: Estrutura matricial da divisão hierárquica da engenharia de processo.....	4
Figura 5: Defeitos do tipo interferência nas portas dianteiras.....	8
Figura 6: Fluxogramas de Objetivos e Fases do Fornecedor do ANPQP.....	10
Figura 7: Registro de retoques RLIN de determinado modelo de DP em relação ao VTU.....	12
Figura 8: Esquema de proposta de plano de reação à análise de modo de falha em modelo de DP.....	13
Figura 9: Lista de classificação das etapas metodológicas de seleção de autores de obras relacionadas às contribuições científicas na área de projetos.....	15
Figura 10: Processo de melhorias incrementais no PDP e mudanças de engenharia.....	17
Figura 11: Diagrama de procedimentos metodológicos da pesquisa.....	19
Figura 12: Fluxograma das etapas da pesquisa.....	20
Figura 13: Imagem da planilha de gestão de ações de ferramentas do processo de pintura. ....	22
Figura 14: Impacto do período de desenvolvimento de soluções de DPs.....	23
Figura 15: Planilha de mapeamento do fluxo e gestão dos DPs.....	24
Figura 16: Planilha principal de acessibilidade de informações referentes aos DPs.....	25
Figura 17: Fluxograma de Procedimentos de Certificação da Qualidade de DPs.....	26
Figura 18: Procedimento para o desenvolvimento de novos DPs.....	27
Figura 19: Procedimento para o acompanhamento do desenvolvimento de projetos de DPs.....	36
Figura 20: Procedimento para o desenvolvimento de novos DPs .....	37

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Síntese das análises da relação entre DPs com o Processo de Pintura.....	28
Quadro 2 – Pontos de controle na seleção de concepções de DPs.....	32
Quadro 3 – Requisitos técnicos dos DPs.....	33
Quadro 4 – Especificações meta dos DPs.....	34
Quadro 5 – Especificações de manutenção dos DPs.....	34
Quadro 6 – Controle de concepções de DPs.....	35



## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. PROBLEMAS RELACIONADOS AOS DISPOSITIVOS DE PINTURA.....	6
2.1 Principais Análises.....	6
2.2 Repercussões de Problemas Gerados por Dispositivos.....	7
3. Contexto do Tema.....	9
3.1 Apresentação da Oportunidade.....	9
3.2 Objetivos.....	11
3.3 Justificativa.....	11
4. Fundamentação Teórica.....	14
4.1 Análises.....	16
4.2 Procedimentos.....	17
5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	19
6. DESENVOLVIMENTO. ....	20
6.1 Gestão.....	20
6.1.1 Levantamento de Dados.....	20
6.1.2 Controle das Demandas e Gestão da Informação.....	21
6.1.3 Procedimentos para a Certificação da Qualidade de DPs (PCQ-DPs).....	25
6.2 Projetos.....	27
6.2.1 Levantamento das Necessidades do Processo.....	28
6.2.2 Requisitos Técnicos de DPs.....	33
6.2.3 Check list de Suporte ao Desenvolvimento de DPs.....	34
6.2.4 Procedimento para a Determinação de Requisitos Técnicos de Novos DPs.....	36
RESULTADOS.....	38
CONCLUSÕES.....	39
REFERÊNCIAS.....	40
ANEXO A – FOP DE BATENTE DE PORTAS DIANTEIRAS.....	43
ANEXO B - FOS DE BATENTE DE PORTAS DIANTEIRAS.....	44
ANEXO C – ANÁLISE DE CAUSA RAIZ.....	45
ANEXO D - CRONOLOGIA DE PUBLICAÇÕES DE PDP.....	46
ANEXO E – FLUXOGRAMA DOS PROCEDIMENTOS DE CERTIFICAÇÃO DA QUALIDADE DE DPS.....	47

## INTRODUÇÃO

O trabalho abordou o processo industrial de pintura de uma indústria automobilística situada em São José dos Pinhais, Paraná. Nesse complexo industrial estrutura e lataria do veículo, são pintadas juntamente das suas respectivas partes móveis (portas, porta malas, tampa de combustível e capô). Dessa forma dois tipos de aplicação seguidos de cura por aumento de temperatura completam o tratamento superficial: aplicação E-coat; aplicações por *spray*. Fotografias de trechos dos dois processos são ilustradas pela figura 1. Nota: imagens sem identificação de origem (fonte) são de autoria própria.



Figura 1: Fotografias de trechos da linha de produção de pintura.

Processos desse tipo tem qualidade final condicionada pelo correto posicionamento da superfície a ser pintada em relação ao sistema de aplicação. Nesses termos surge a necessidade de estabilização das partes móveis do veículo durante o processo. Contudo, a alta demanda por eficiência de produção reflete na necessidade de uso de dispositivos para o posicionamento das peças móveis da carroceria – estruturas metálicas do veículo, durante trechos específicos do percurso de manufatura.

O contato direto com as carrocerias e com as condições do processo impõe restrições aos projetos de dispositivos/ferramentas do processo industrial de pintura (DPs) – especificações técnicas de DPs. Nesses termos, tanto a construção como o uso do

ferramental requer a consideração das características do processo. De um ponto de vista geral, essa relação tem êxito quando: a região de contato entre a ferramenta e a peça não é aparente; há a correta disposição do conjunto composto pelo sistema de aplicação e as superfícies processadas, de acordo com o tipo e parâmetros da aplicação; a qualidade final da superfície satisfaz os requisitos técnicos do processo. A figura 2 ilustra o modelo 3D de carroceria com destaque para os DPs, modelados desde a fase de projeto.

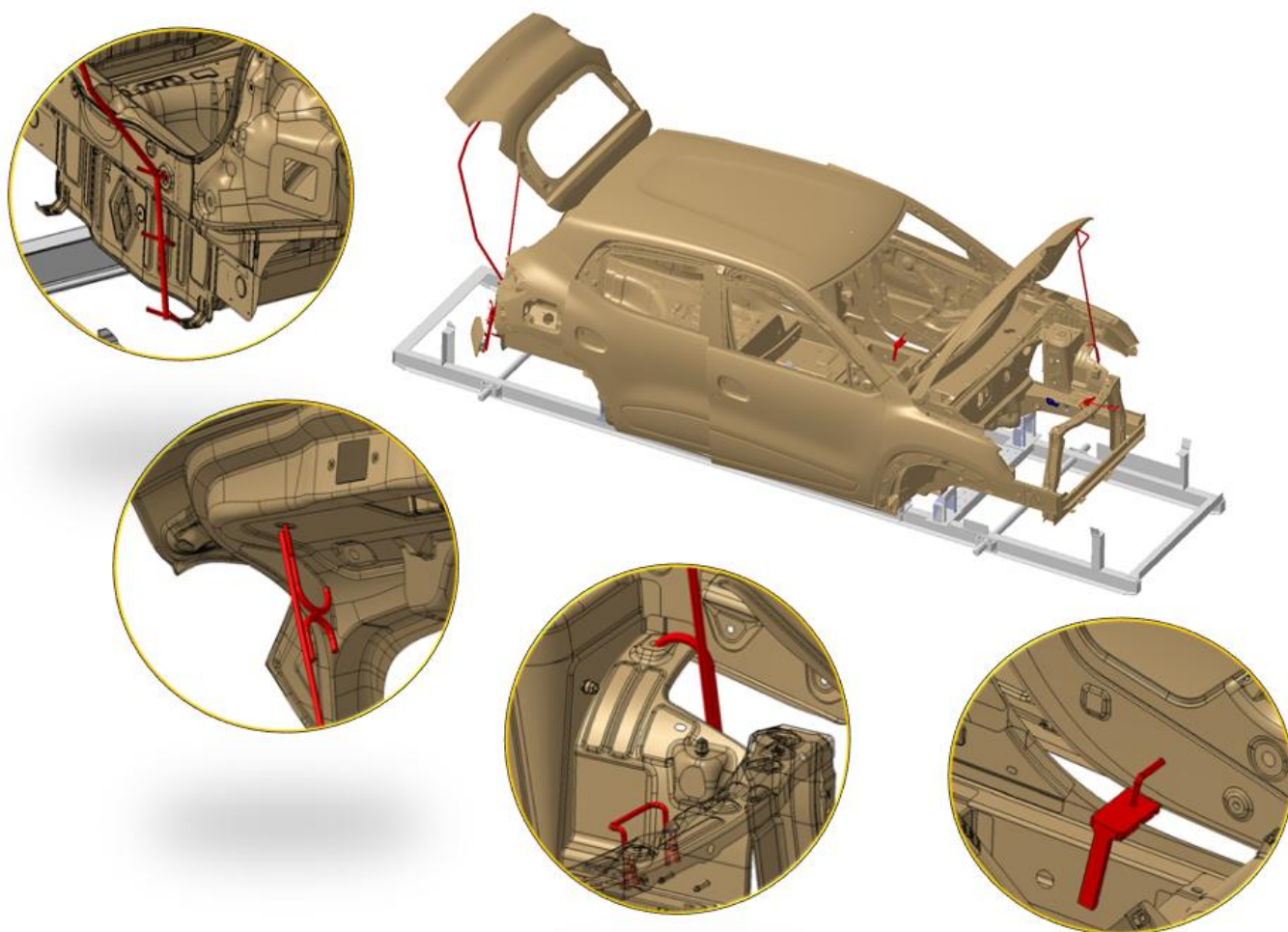


Figura 2: Modelo 3D com DPs em destaque.

Parâmetros de utilização de ferramental na empresa estudada são definidos pela Engenharia por meio das Folhas de Operação do Processo (FOPs) – exemplo no Anexo A. Dessa forma os modelos de DPs e respectivos locais de posicionamento na carroceria são padronizados. Todavia a interface operacional com os DPs é manual, o que implica também na necessidade de padronização dos procedimentos operatórios. Através das Folhas de Operação *Standard* – exemplo no Anexo B, o setor de Fabricação da empresa

estudada em base nos procedimentos e cálculos de tempo necessários às interfaces entre operador, DP e a carroceria do automóvel.

Os DPs estão continuamente sujeitos aos mesmos processos de tratamentos superficiais destinados às carrocerias. Tal exposição pode interferir no funcionamento dos mecanismos funcionais dos dispositivos e, conseqüentemente, prejudicar a qualidade da pintura. Tais eventos são contornados através de medidas corretivas padronizadas. O esquema da figura 3 ilustra quatro tipos de defeitos de pintura bem como demonstra o procedimento usual desde o surgimento do defeito à sua resolução.

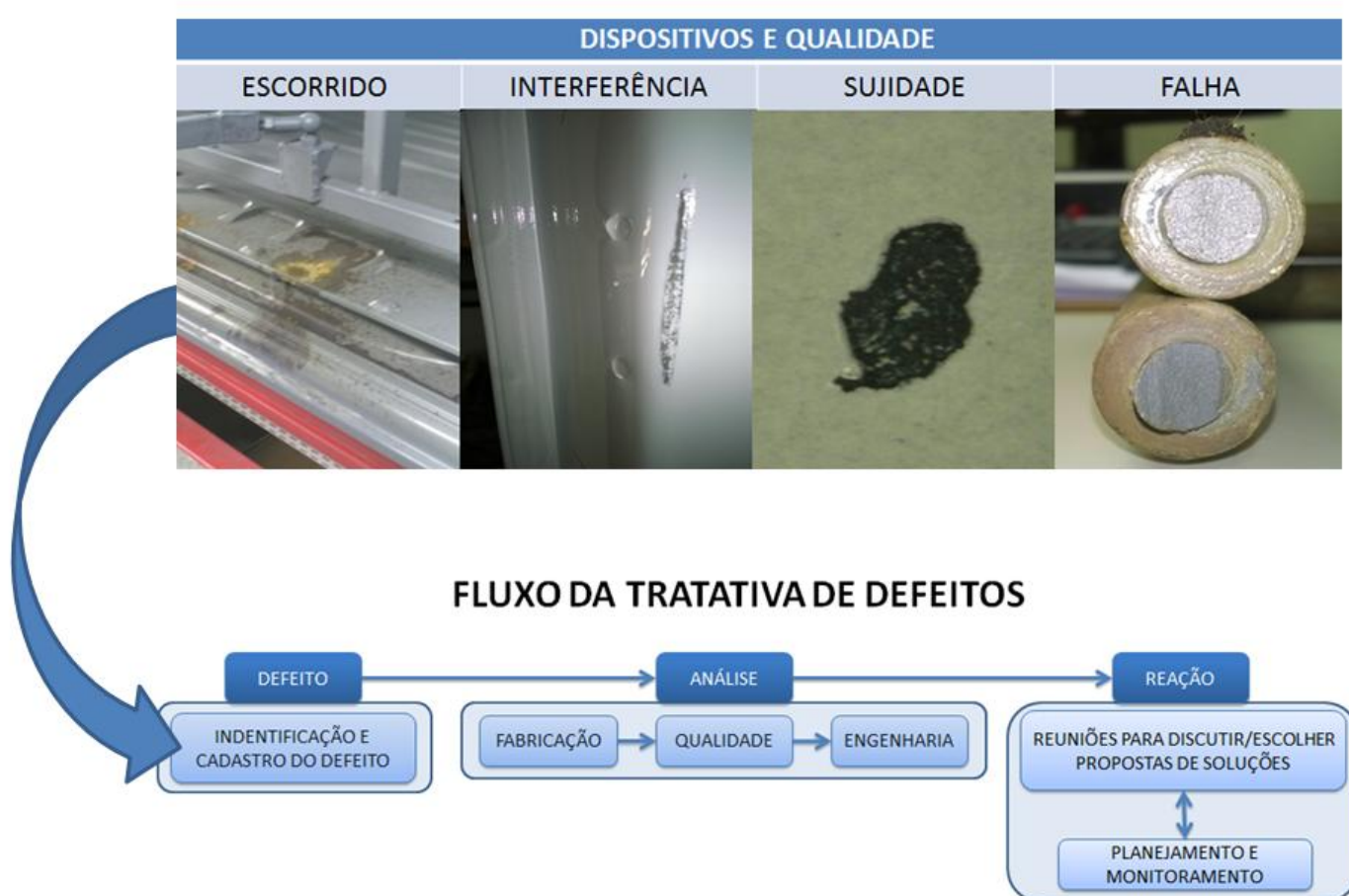


Figura 3: Fluxograma da tratativa de defeitos de pintura.

Nesse contexto há envolvimento de colaboradores da Fabricação, Manutenção e Engenharia de Processos. Esta engenharia, responsável pelo desenvolvimento das soluções de projeto de DPs, apresenta organização matricial de projeto de peso leve segundo Rozenfeld (2006), ou seja, o foco da equipe é funcional – zelar do processo. A figura 4 demonstra o arranjo organizacional desta equipe, evidenciando a forte presença da gerência de produção.

## ESTRUTURA MATRICIAL

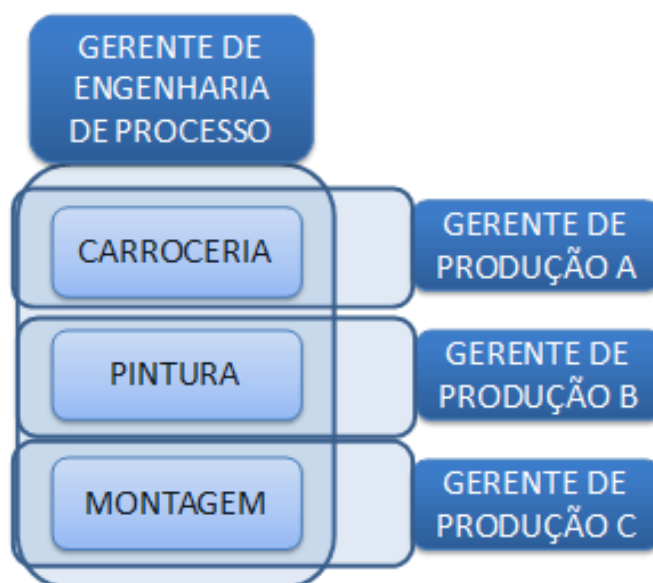


Figura 4: Estrutura matricial da divisão hierárquica da engenharia de processo.

Assim sendo, em função dos altos custos da perda de produção em um processo contínuo de grande porte, a tratativa interna de projetos de DPs fica priorizada primordialmente por sua rapidez de implantação em detrimento da qualidade, satisfazendo os interesses da Produção.

Em vista da alta competitividade do mercado automobilístico, a gestão de produção é lançada à constante busca por rapidez na identificação e resolução dos problemas, gerando economia de tempo e de despesas (TUBINO, 2000). Nesse sentido, verificada uma falha de ferramental, em muitos casos opta-se por modificações que satisfaçam os requisitos técnicos críticos, com os menores investimentos e tempos de reação. A tabela 1 demonstra uma comparação percentual dos custos de diferentes opções de planos de reação para falha de projeto de três modelos de ferramenta.



**Tabela 1: Relação de custos de planos de reação para três modelos de ferramentas do processo de pintura.**

Valor do Plano de Ação		
Modelo	Valor da Compra	Valor da Adaptação
1	x	$0,06 * x$
2	y	$0,4 * y$
3	z	$0,22 * z$

**Fonte: Dados da gestão de ações da empresa estudada.**

O imediatismo da estratégia de desenvolvimento do ferramental no Processo acaba aumentando os riscos de prejuízos relacionados à geração de defeitos e ações corretivas. Ainda que a urgência nas resoluções tenha contribuído com um rápido levantamento de análises, sem a consideração de tais informações durante o desenvolvimento de novos dispositivos, haverá uma maior reincidência de geração de defeitos relacionados aos DPs, justificando a necessidade de consideração dos requisitos técnicos nas etapas iniciais do desenvolvimento de DPs.

O próximo capítulo aborda algumas relações entre características do processo de pintura e os DPs. Assim demonstra-se problemas gerados por DPs não adaptados às características do processo, dimensionado ainda o respectivo impacto econômico.

## 1. PROBLEMAS RELACIONADOS AOS DISPOSITIVOS DE PINTURA

Este capítulo indica consequências de determinadas características construtivas na qualidade e eficiência do processo de pintura. Num primeiro momento são analisados os principais fenômenos problemáticos relacionados aos DPs – subcapítulo 1.1. Já no subcapítulo 1.2 são descritas repercussões desses fenômenos.

### 1.1 Principais Análises

No processo E-coat, a fosfatização consiste na transformação de uma superfície metálica em uma camada de fosfato (sal) metálico insolúvel a fim de garantir a ancoragem da camada de cataforese e respectiva resistência anticorrosiva das chapas metálicas (STREITBERGER; DOSSEL, 2008). Nessas condições há a formação de película de sais nas superfícies ferrosas expostas ao líquido de fosfatização. Assim sendo, mecanismos que contenham frestas suficientemente grandes para penetração do líquido, apresentarão a formação da respectiva película também nessas regiões – o caso de juntas cilíndricas. Ocorre que segundo análises internas da empresa estudada, a movimentação entre superfícies do mecanismo rompe a película anteriormente formada, gerando resíduos sólidos do sal, de dimensões maiores que as do líquido que as gerou, podendo, dessa forma, permanecer em frestas suficientemente pequenas para tanto. Como se trata de um processo cíclico – a ferramenta volta a ser submetida ao processo E-coat, haverá nova deposição na região limpa por atrito. Nesse sistema ocorre a geração e acúmulo de massa sólida que, conseqüentemente, impede a movimentação das partes móveis da ferramenta. Esse fenômeno é denominado internamente de “travamento”.

Em se tratando de aplicações por spray, a cautela é direcionada em torno de dois fenômenos principais: a geração de cascas de tinta pelo atrito entre partes móveis das ferramentas; o posicionamento incorreto das partes móveis da carroceria. No primeiro caso a repercussão consiste na possibilidade de contaminação da pintura não curada com os resíduos de tinta seca. Já com a alteração de posicionamento, alteram-se os requisitos técnicos da aplicação e/ou pode-se gerar interferência entre superfícies pintadas. Esses defeitos são denominados internamente como “casca” e “interferência” respectivamente.

A cura das camadas depositadas (E-Coat e de aplicações por *spray*) ocorre mediante elevação da temperatura de forma que os gradientes térmicos induzidos nos

componentes submetidos a esses processos implicam em tensões e deformações internas que ao longo do tempo, podem levar a nucleação e propagação de trincas por mecanismo de fadiga térmica nos DPs (SANTOS, 2006). Dessa forma DPs embarcados nesses percursos estão sujeitos à: perda de elasticidade; fragilização; variação dimensional. Tais situações são prevenidas através da manutenção do ferramental.

Além das características físicas e químicas do processo de pintura, o ferramental ainda deve considerar aspectos da interface com os operadores. Segundo Vidal (1985), a explosão da demanda por Ergonomia se explica pelo fato de que na vida cotidiana nos tornamos todos operadores. Neste sentido, profissionais de ergonomia e segurança do trabalho acompanham de perto a operacionalidade dos dispositivos, impondo restrições aos projetos.

## **1.2 Repercussões de Problemas Gerados por Dispositivos**

Frequentemente as manutenções preventivas (limpeza técnica e gabaritagem), não contornam falhas de projeto dos dispositivos, implicando na geração de defeitos de pintura. Nesses casos, a recorrência de determinado padrão de defeito motiva a equipe suporte às análises em torno do modo, criticidade e o efeito da falha em questão. Tais análises são apoiadas por procedimentos padronizados de seleção e análise de causa, cujos dados ficam registrados em dossiers – trecho do modelo disponibilizado no Anexo C. A partir da constatação da atribuição da causa raiz de um defeito a uma falha de projeto de ferramental, a equipe elabora um plano de ação que poderá contemplar desde adaptações funcionais até a decisão de desativação e renovação do modelo do dispositivo. De acordo com os dossiers, travamento, cascas, interferências e falhas estruturais de componentes têm causa raiz frequentemente atribuída às características de DPs.

A figura 5 ilustra o indicador mensal de retoque, na região do quadro da porta, a recuperar o defeito de interferência entre porta e carroceria, atribuída à ineficiência do dispositivo batente de portas dianteiras, pelo respectivo dossier da empresa estudada. Nesse indicador verifica-se que após a substituição por outro modelo de ferramental, houve a resolução do problema. O indicador está referenciado percentualmente pela razão entre o número de cadastros de defeitos e a quantidade de veículos produzidos com este dispositivo.



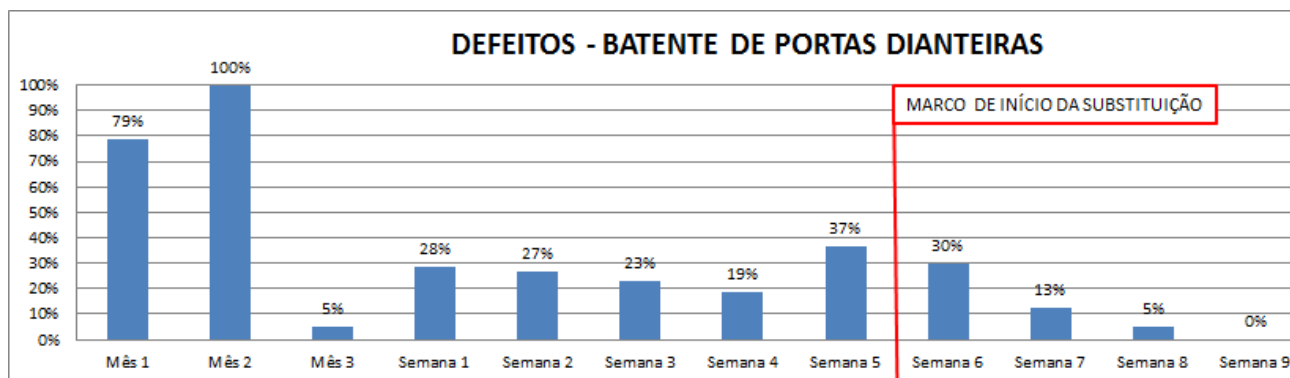


Figura 5: Defeitos do tipo interferência nas portas dianteiras.

**Fonte: Fábrica estudada**

Retouques e tempos operacionais são parâmetros de eficiência diariamente analisados pela equipe de suporte da planta estudada. Dessa forma, profissionais de Fabricação, Qualidade e Engenharia acabam concentrando esforços em torno de análises, adaptações e concepções para contornar as falhas dos DPs.

## **2. CONTEXTO DO TEMA**

De acordo com o capítulo anterior, atribui-se as falhas dos DPs fundamentalmente à deficiência de definição e comunicação dos requisitos técnicos necessários aos projetos desses dispositivos. Essa questão é contextualizada a partir dos subcapítulos seguintes.

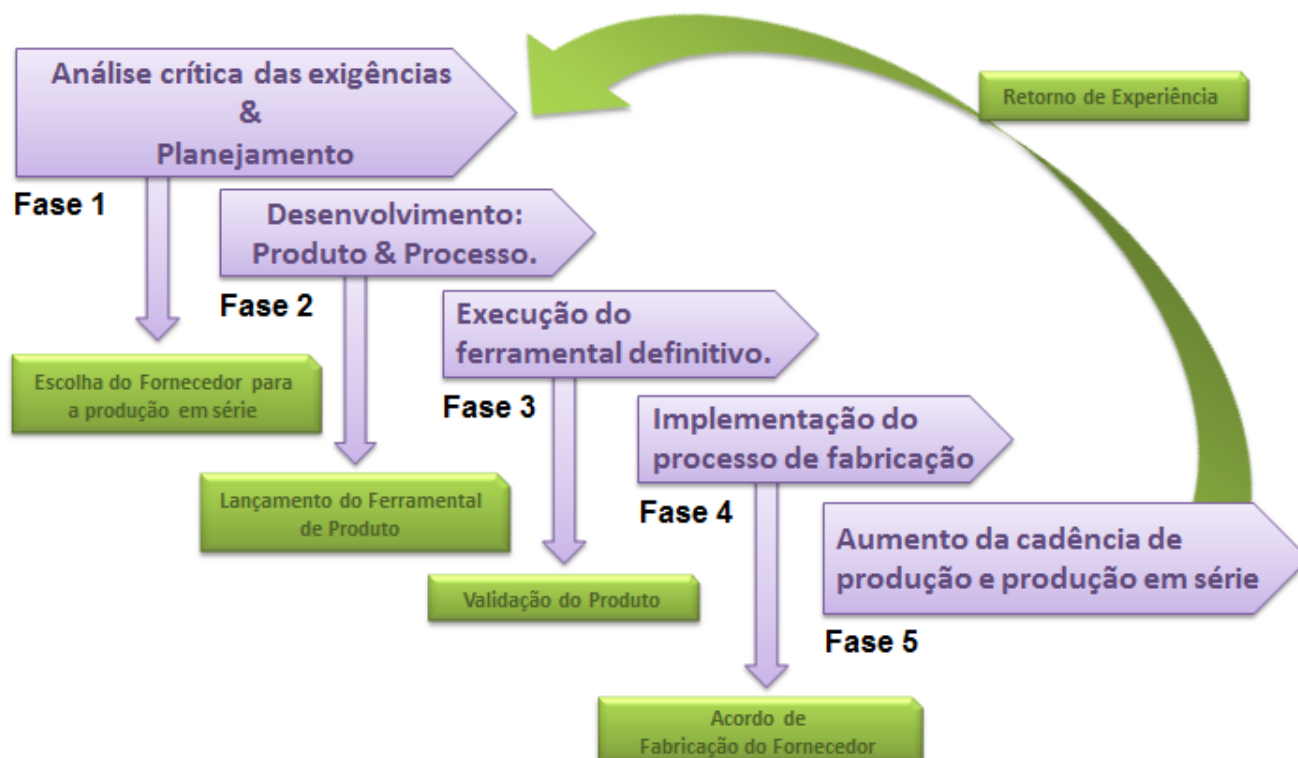
### **2.1 Apresentação da Oportunidade**

Em empresas multinacionais, é comum a ocorrência da concentração das competências tecnológicas em centros de pesquisa e desenvolvimento. Nesses termos, para as plantas periféricas, a tendência em termos de desenvolvimento de produto é no sentido do benchmarking e adaptação das tecnologias às características do processo local (ROZENFELD, 2006).

Neste sentido, com respeito às ferramentas do processo de pintura, a planta fabril estudada enquadra-se nas condições de desenvolvimento de produto periférico. Ou seja, sobre demanda de ferramental para a produção de novos modelos de veículos, realizam-se reuniões a fim de selecionar e, quando necessário, adaptar concepções adquiridas em benchmarkings.

O Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) padrão da empresa estudada indica que a demanda por informações desse tipo ocorre durante o desenvolvimento do processo produtivo de pintura. Através da figura 6 pode-se enquadrar esta necessidade ainda na fase 2, dos objetivos e fases do fornecedor.

## ANPQP – Objetivos e Fases do Fornecedor



**Figura 6: Fluxogramas de Objetivos e Fases do Fornecedor do ANPQP.**

**Fonte: Empresa estudada.**

Nas diretrizes do Planejamento Avançado da Qualidade de Novos Produtos (ANPQP – PDP padrão da empresa estudada) envolve-se fundamentalmente o fornecedor como parceiro no desenvolvimento do ferramental. Tal relação requer a comunicação dos requisitos necessários para a garantia de eficiência de novos DPs. Entretanto não há procedimento algum para esse fim na empresa estudada.

Dessa forma o desconhecimento dos requisitos técnicos bem como a falta de padronização de procedimentos de desenvolvimento do ferramental maximizam os riscos de concepções inapropriadas às características do processo de pintura.

A partir da análise da criticidade das oportunidades envolvidas no tema, define-se o foco da abordagem deste trabalho na formulação de procedimento de determinação dos requisitos técnicos aos DPs. Dessa forma objetiva-se solucionar a deficiência de comunicação técnica entre as equipes de Projeto e de Processo com possibilidade de replicação para outros processos de pintura semelhantes.

Capitalizar os conhecimentos a respeito das características técnicas ideais para os DPs refletirá numa melhor *performance* produtiva, reduzindo os custos do produto.

## 2.2 Objetivos

Esta proposta consiste na formulação de procedimentos para gestão e determinação dos requisitos técnicos dos DPs. A esse fim definem-se os seguintes objetivos específicos:

- a) Mapeamento do percurso dos DPs no processo estudado;
- b) Levantamento das funções dos DPs;
- c) Fluxograma de procedimentos de validação de novos DPs;
- d) Síntese das análises de falhas de projeto de DPs;
- e) Agrupamento dos DPs de acordo com a semelhança das respectivas solicitações no processo;
- f) Propor procedimento de gestão e de determinação dos requisitos técnicos de novos DPs;

## 2.3 Justificativa

As tratativas de problemas de pintura relacionadas às falhas do ferramental motivam retrabalhos, análises, reuniões, desenvolvimento de soluções e investimentos em planos reativos. Além dos gastos com insumos e ineficiência, há necessidade tanto de mão de obra direta quanto de mão de obra suporte para retoques e adequação dos DPs.

O gráfico da figura 7 ilustra a dimensão do impacto financeiro da geração de defeitos por déficit das especificações técnicas de determinado modelo de DP. A partir da medição de insumos gastos no retrabalho de defeitos de pintura relacionados à DPs, estimou-se o custo médio dos retoques. Multiplicando-se este custo pela respectiva frequência mensal de incidência (Retoques na Linha Final – RLIN) obtêm-se montantes mensais de recursos. A partir da divisão destes montantes pelo valor de transformação unitário (VTU) do processo de pintura, obtêm-se os custos de retoque mensais equivalentes ao custo em número de pinturas de carrocerias.

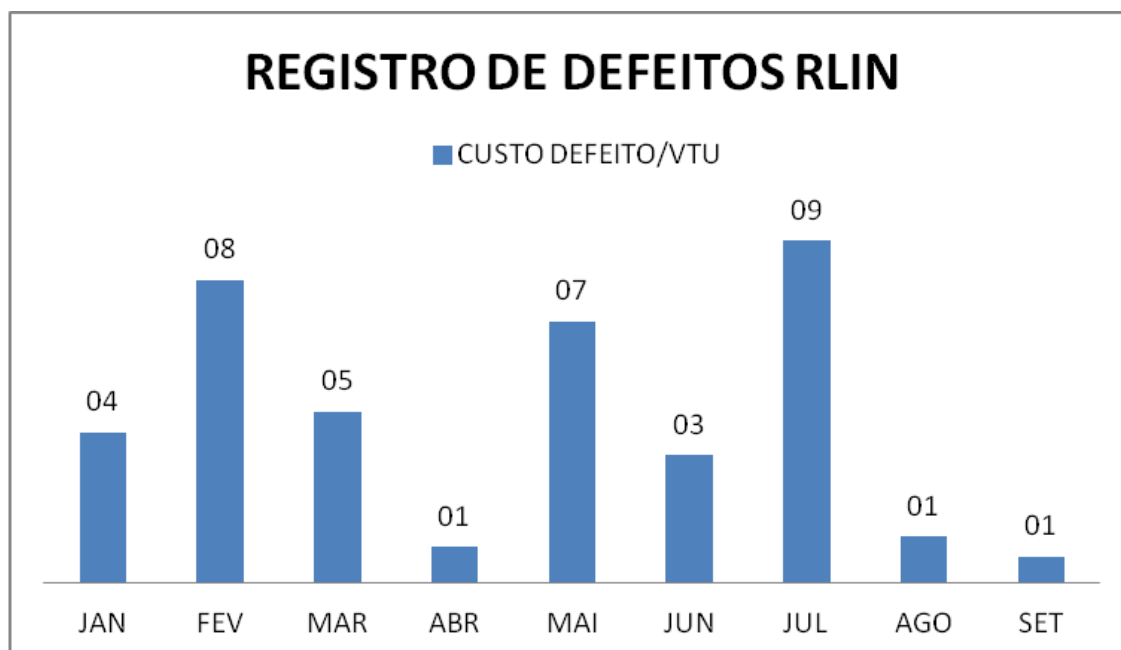


Figura 7: Registro de retoques RLIN de determinado modelo de DP em relação ao VTU.  
**Fonte: Dados da empresa estudada.**

Segundo informações da empresa estudada, além dos custos associados aos defeitos há aqueles relacionados à perda de produção. Para esse caso pode-se citar a ocorrência de falhas estruturais por presença de concentradores de tensão, dimensionamento incorreto e/ou seleção de materiais inadequada. Além das características construtivas inadequadas às solicitações do processo, a frequência operacional comum entre exemplares dos DPs, uniformiza o impacto estrutural nos modelos ao longo do tempo. Nesses casos eventualmente ocorre o colapso simultâneo e geral do modelo de ferramenta, colocando em risco a produção. A figura 8 ilustra o esquema de proposta de plano de reação à análise de modo de falha de uma trava de carroceria.

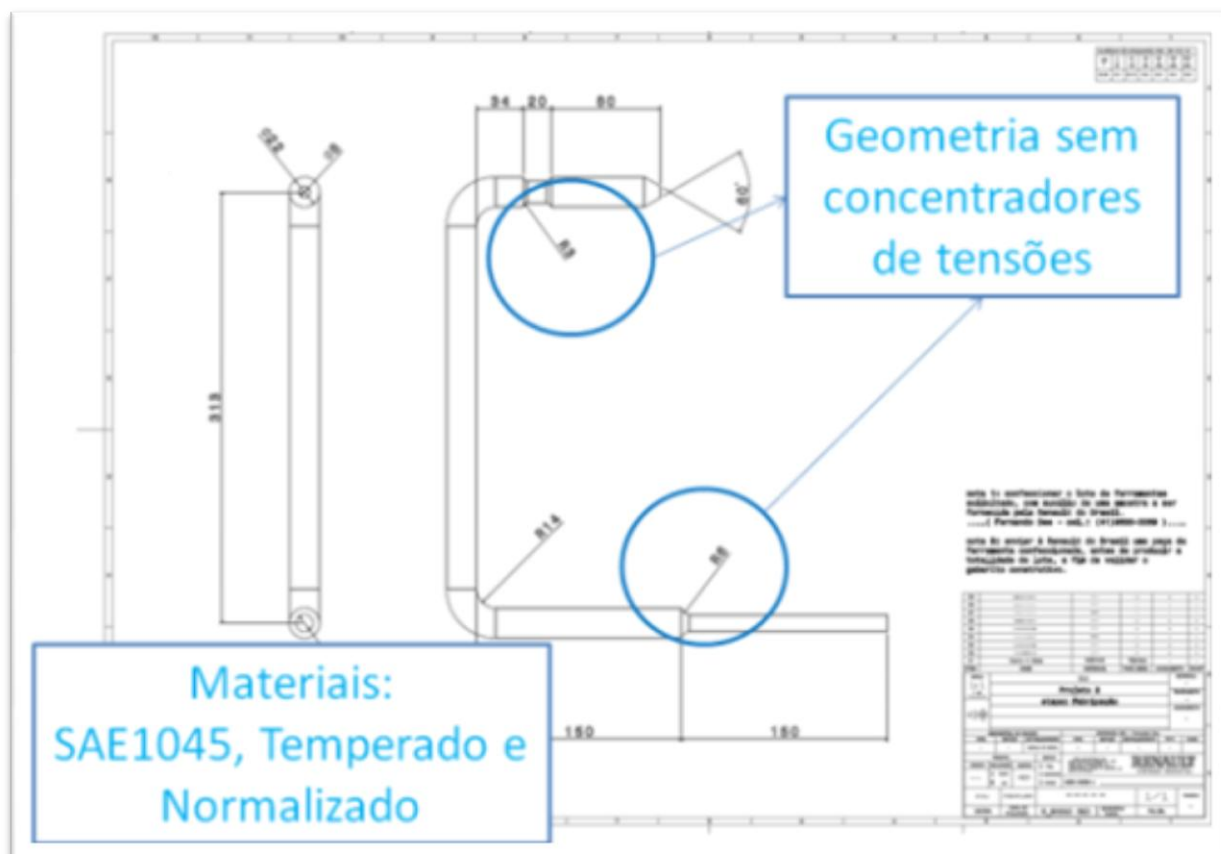


Figura 8: Esquema de proposta de plano de reação à análise de modo de falha em modelo de DP.

**Fonte: Análises da empresa estudada.**

Medidas de reação como essa acabam sendo pilotadas pela equipe de engenharia de Processos. Responsável técnica final da eficiência dos projetos do ferramental em operação, essa equipe de engenharia acaba suportando todas as fases de desenvolvimento de soluções para DPs fora de conformidade.

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Através da imagem do anexo D, de Suarez, Jung & Caten (2006), percebe-se a correlação entre as contribuições científicas na área de projetos com a respectiva conjuntura momentânea. Os autores ainda mostram que, desde o século 15, com Da Vinci, a participação de cada autor vem complementando o conhecimento por enfoques diferenciados. A lista da figura 9 correlaciona publicações contemporâneas na área de projetos com o respectivo enfoque metodológico para: Asimow (1962), Archer (1968), Kotler (1974), Jones (1976), Pahl e Beitz (1977), Bonsiepe (1978), Crawford (1983), Back (1983), Park e Zaltman (1987), Andreasen e Hein (1987), Suh (1988), Fujimoto (1991), Wheelwright e Clarck (1992), Bürdek (1994), Roozenburg e Eekel (1995), Prasad (1997), Dickson (1997), Kaminski (2000), Ulrich e Eppinger (2000), Pahl *et al.* (2005) e Rozenfeld *et al.* (2006).

<b>Modelo/Autor</b>	<b>Etapas Metodológicas</b>
ASIMOW (1962)	(i) Identificar necessidade primária; (ii) Estudar a exequibilidade; (iii) Projetar preliminarmente; (iv) Projetar detalhadamente; (v) Planejar a produção; (vi) Planejar distribuição; (vii) Planejar o consumo; (viii) Planejar a retirada do produto
ARCHER (1968)	(i) Estabelecer um programa; (ii) Coletar dados; (iii) Analisar; (iv) Sintetizar; (v) Desenvolver; (vi) Comunicar
KOTLER (1974)	(i) Gerar idéias; (ii) Efetuar triagem de idéias; (iii) Desenvolver e testar o conceito; (iv) Desenvolver estratégia de marketing; (v) Analisar mercado; (vi) Desenvolver o produto; (vii) Efetuar teste no mercado; (viii) Comercializar
JONES (1976)	(i) Divergência: Obter informação primária; Explorar a situação do projeto; (ii) Transformação: Perceber ou transformar a estrutura do problema (iii) Convergência: Localizar parâmetros; Descrever sub-soluções; Identificar contradições; Combinar sub-soluções em alternativas; Avaliar alternativas; Escolher solução (design final)
PAHL e BEITZ (1977)	(i) Especificar os requisitos da tarefa a partir do mercado, empresa e economia; (ii) Determinar o conceito do design; (iii) Efetuar o design preliminar ou layout preliminar; (iv) Detalhar o design ou layout definitivo; (v) Documentar
BONSIEPE (1978)	(i) Descobrir e valorizar uma necessidade; (ii) Analisar; (iii) Formular o problema; (iv) Levantar os requisitos; (v) Fracionar o problema; (vi) Hierarquizar os problemas; (vii) Analisar as soluções existentes; (viii) Desenvolver alternativas; (ix) Verificar e selecionar alternativas; (x) Elaborar os detalhes particulares; (xi) Prototipar; (xii) Avaliar; (xiii) Modificar o protótipo; (xiv) Fabricar pré-Série
CRAWFORD (1983)	(i) Identificar e selecionar as oportunidades; (ii) Gerar o conceito; (iii) Avaliar o conceito; (iv) Desenvolver; (v) Lançar no mercado
BACK (1983)	(i) Estudar viabilidade; (ii) Projetar preliminarmente; (iii) Projetar detalhadamente; (iv) Revisar e testar; (v) Planejar a produção; (vi) Planejar o mercado; (vii) Planejar para o consumo e manutenção; (viii) Planejar a obsolescência
PARK e ZALTMAN (1987)	(i) Gerar idéias; (ii) Selecionar as idéias; (iii) Gerar o conceito do produto; (iv) Analisar a performance do mercado; (v) Desenhar o mix de marketing; (vi) Testar no mercado; (vii) Comercializar
ANDREASEN e HEIN (1987)	(i) Investigar a necessidade: Determinar a necessidade básica; (ii) Determinar o tipo de produto, considerando o tipo de processo; (iii) Determinar o princípio do design; (iv) Determinar o tipo de produção; (v) Efetuar o design do produto: Pesquisar marketing; Fazer design preliminar; Planejar a produção; (vi) Preparar para a produção: Preparar vendas e produção; (vii) Executar; Produzir; (viii) Vender
SUH (1988)	(i) Identificar uma necessidade social; (ii) Determinar os requisitos funcionais; (iii) Determinar os atributos do produto; (iv) Prototipar; (v) Produzir o produto
CLARK e FUJIMOTO (1991)	(i) Concepção do produto; (ii) Planejamento do produto; (iii) Projeto do produto; (iv) Projeto do processo



WHEELWRIGHT CLARCK (1992)	(i) Gerar, conceber e desenvolver Idéias; (ii) Determinar os requisitos e detalhar os projetos; (iii) Focar na inovação e desenvolver os projetos selecionados
BÜRDEK (1994)	(i) Identificar o Problema; (ii) Analisar a situação; (iii) Definir o problema; (iv) Gerar alternativas; (v) Avaliar a escolha; (vi) Realizar
ROOZENBURG EEKEL (1995)	(i) Analisar o problema; (ii) Efetuar uma síntese das soluções; (iii) Simular as soluções; (iv) Avaliar o projeto; (v) Tomar a decisão

Figura 9: Lista de classificação das etapas metodológicas de seleção de autores de obras relacionadas às contribuições científicas na área de projetos.

Fonte: SUAREZ, JUNG & CATEN (2006).

Analisando a síntese do histórico de evolução na área de projetos publicado por Suarez, Jung & Caten (2006), pode-se verificar a preocupação com o comportamento do produto. Para alguns autores ainda fica explícita a consolidação dos procedimentos de desenvolvimento de produto mediante síntese de análises do processo.

### 3.1 Análises

As análises de causa e efeito relacionadas aos DPs foram adquiridas de um documento padrão da empresa estudada – anexo C. O documento é baseado no método de análises de falha formal nomeado *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA – Análise do Modo e Efeito de Falha), cujo objetivo é a identificação e priorização de possíveis falhas e respectivos riscos de ocorrência (PAHL; BEITZ, 2007).

Verificado o esgotamento do banco de análises de causa e efeito, deficiências de informação foram supridas pela literatura, normas, medições, ensaios industriais e pesquisa de necessidade dos clientes (operadores). Este meio de aquisição de informações foi fundamental à caracterização da forma como a pesquisa pode atender e exceder às necessidades do processo (JITESH THAKKAR e DESHMUKH, 2006).

O desempenho do desenvolvimento de produtos depende muito do modelo e das práticas de gestão adotadas. É possível e necessário gerenciar o PDP, planejando, executando, controlando e melhorando as atividades, em busca de melhores resultados de desempenho e de aprendizagem (ROZENFELD, 2006). Nesse sentido, uma síntese das análises e desenvolvimentos dos DPs facilitará a obtenção das informações pertinentes aos objetivos do trabalho.

### 3.2 Procedimentos

Esta proposta tratará de adequar uma abordagem do desenvolvimento do ferramental de acordo com um procedimento baseado nos fundamentos do PDP. Segundo Rozenfeld (2006), as oportunidades de melhoria de produtos podem estar relacionadas a determinado modelo de produto e/ou seu processo de desenvolvimento. Nesse sentido haverá a consideração de análises do desempenho dos DPs (identificação de melhorias no produto) para a formulação de procedimento de gestão e desenvolvimento de novas ferramentas (melhorias no PDP). A figura 10 ilustra o fluxo de tratativas de oportunidades identificadas no produto e em seu processo de desenvolvimento.

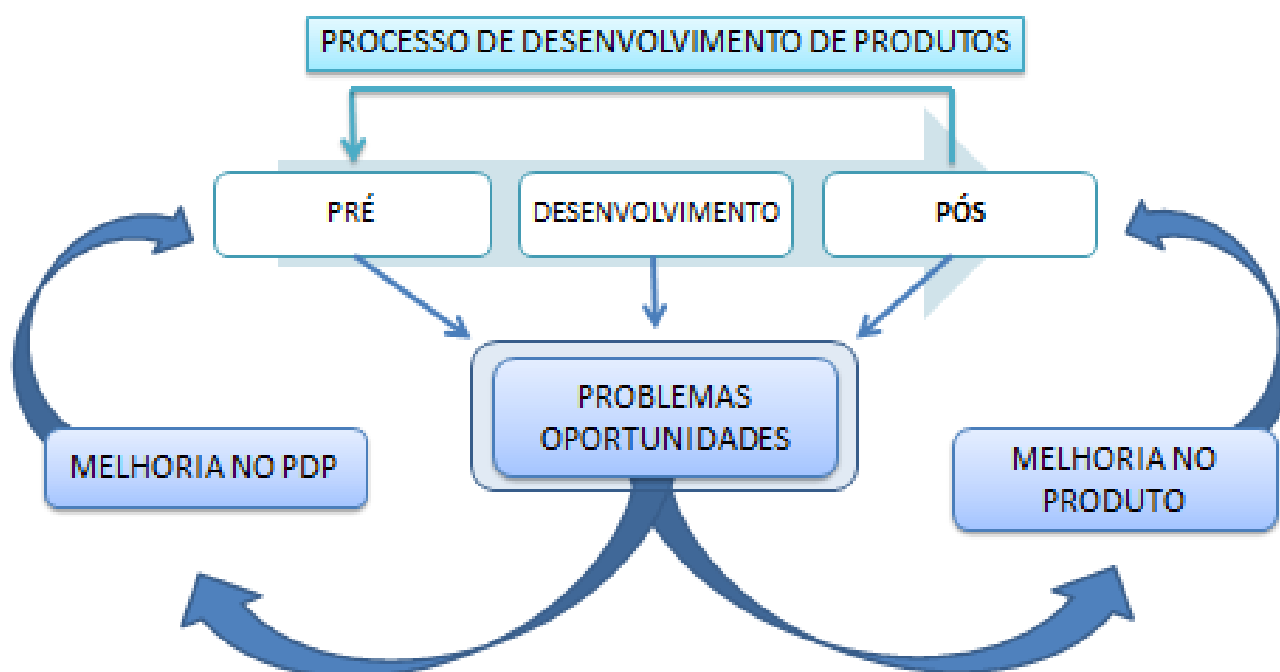


Figura 10: Processo de melhorias incrementais no PDP e mudanças de engenharia.  
**Fonte: Adaptado de ROZENFELD, 2006.**

Dessa forma, segundo Rozenfeld (2006), dispendo de habilidades para criar e transferir conhecimentos, a organização é capaz de modificar seu comportamento, de modo a refletir os novos conhecimentos em valor agregado.

A metodologia padrão de suporte ao desenvolvimento de produto da empresa estudada é o ANPQP (Planejamento Avançado da Qualidade de Novos Produtos). Derivada do APQP (Planejamento Avançado da Qualidade do Produto), o ANPQP trata-se de uma metodologia estruturada para suportar fornecedores para atenderem às

expectativas dos clientes quanto aos prazos e à qualidade do produto final (TAVARES; FREITAS; BRETZ, 2006). Assim sendo, a metodologia envolve o fornecedor como parceiro no desenvolvimento de soluções.

Segundo o manual APQP 2008, a metodologia visa o desenvolvimento de tecnologias nos conceitos e processos com consequente validação e implementação das técnicas e métodos definidos. Apesar de a metodologia não contemplar suporte ao desenvolvimento do ferramental de pintura, motiva a avaliação dos processos e técnicas com respeito ao cumprimento dos requisitos estabelecidos para o processo. Dessa forma serve para dar suporte ao fornecedor para a melhoria contínua, atingida através da experiência adquirida no processo produtivo.

#### 4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O diagrama da figura 11 indica as etapas para o desenvolvimento da pesquisa.

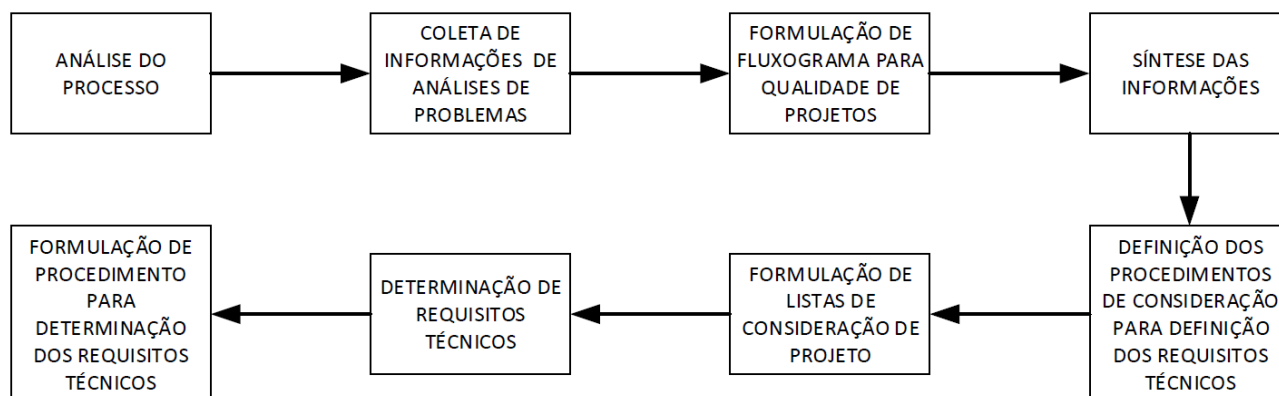


Figura 11: Diagrama de procedimentos metodológicos da pesquisa.

A aplicabilidade dos produtos de um trabalho que visa modificações culturais num complexo multinacional exige conhecimento do funcionamento dos mecanismos operacionais já existentes. Para tanto foram destinadas 8 semanas de ambientação e levantamento de dados mediante participação na rotina dos colaboradores relacionados aos DPs (problemas, reuniões, atividades).

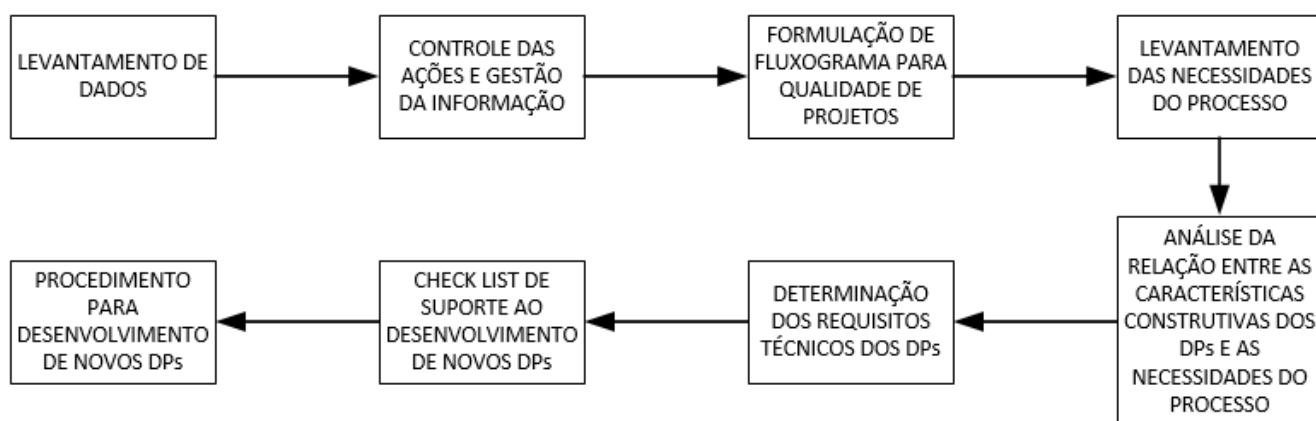
As duas semanas finais desse período foram marcadas para a sintetização dos dados coletados a fim de verificar padrões e características das demandas. Reservou-se esse período à consolidação do reconhecimento: do ciclo operacional dos 54 modelos de dispositivos; das características dos processos industriais envolvidos; do histórico de desenvolvimento de soluções para os DPs; das análises de problemas relacionados aos DPs.

A partir do levantamento e compreensão das informações pode-se então determinar os requisitos técnicos dos DPs bem como exemplificar sua utilização.

## 5. DESENVOLVIMENTO

Durante a execução dos procedimentos metodológicos dificuldades operacionais de pesquisa forçaram a realização de atividades adicionais para estabilizar o processo e completar o abastecimento do banco de análises.

Dessa forma, a fim de orientar o fluxo dos acontecimentos, um novo fluxograma fora construído - figura 12, contendo as etapas de execução do trabalho, descritas nos próximos subcapítulos, separados pelos temas de gestão e projeto,



**Figura 12: Fluxograma das etapas da pesquisa.**

### 5.1 Gestão

Neste capítulo serão abordados assuntos referentes à caracterização e controle do processo.

#### 5.1.1 Levantamento de Dados

A assimilação das informações foi suportada primeiramente pela entrevista aos funcionários das áreas de Engenharia, Manutenção, Qualidade e Fabricação – especialistas das singularidades e oportunidades do Processo. Neste momento a união dos participantes proporcionou um ambiente de trabalho dinâmico, desafiador e cooperativo, proporcionando estratégias *performantes*.

O momento inicial da pesquisa – Levantamento de Dados, correspondeu à expectativa de reconhecimento do ambiente operacional dos dispositivos. Neste momento examinou-se:

- a) a demanda de funções desempenhadas pelo ferramental no processo analisado;
- b) as características do processo de pintura;
- c) as análises associadas aos defeitos de pintura;
- d) os fluxos: logístico; operacional; de compra; de manutenção; de descarte;
- e) o controle de qualidade da fábrica.

Reuniões semanais comunicavam o monitoramento dos DPs, dinamizando as demandas de análises e desenvolvimento das soluções. As análises focavam ora procedimentos (fluxos e Qualidade) ora projetos (falhas de projeto), revelando oportunidades de adequação técnica dos projetos e padronização de procedimentos.

Nesses termos a informação levantada pode ser agrupada em:

- a) etapas de projetos;
- b) procedimentos de manutenção;
- c) gestão dos fluxos;
- d) contatos de fornecedores e de colaboradores homólogos da multinacional.

### **5.1.2 Controle das Demandas e Gestão da Informação**

A necessidade de desenvolvimento e validação de soluções para a comprovação dos requisitos técnicos no tempo previsto exigiu o desenvolvimento de um sistema informático de apoio ao gerenciamento dos projetos.

O tempo de resolução das ocorrências foi agendado de acordo com o impacto das ações nos indicadores de retoque, retorno financeiro e urgência. Através destes *inputs* formulou-se a planilha de controle de ações de projetos de DPs que, por registrar as etapas das ações, evidenciou os procedimentos para a validação da eficiência de novos modelos DPs.

A figura 13 representa o controle de ações relacionadas ao respectivo impacto na linha de produção em termos de indicador de defeitos - R%, duração da ação – kt, retorno da ação - k\$.

GESTÃO								S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	
nº	R%	Kt	K\$	!	TEMA	AÇÃO CRÍTICA	STATUS									
1	20%	1	2		A	a	10%									
2	50%	1	2	!	B	b	75%									
3	33%	3	3		C	c	25%									
PROJETOS								S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	
nº	R%	Kt	K\$	!	TEMA	AÇÃO CRÍTICA	STATUS									
1	11%	2	1		A	a	50%									
2	70%	2	1	!	B	b	80%									
3	36%	1	1		C	c	50%									
VIDA SÉRIE								S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	
nº	R%	Kt	K\$	!	TEMA	AÇÃO CRÍTICA	STATUS									
1	0%	1	2		A	a	10%									
2	0%	3	1		B	b	0%									
3	16%	1	3	!	C	c	50%									

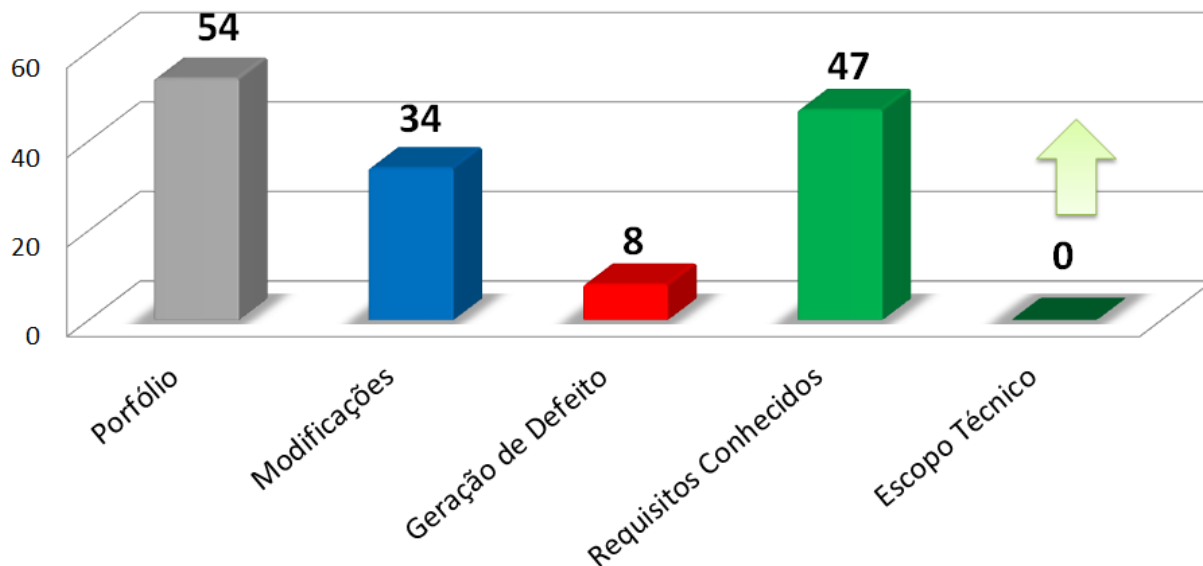
**Figura 13: Imagem da planilha de gestão de ações de ferramentas do processo de pintura.**

Nesta planilha, os assuntos são divididos em três áreas. Em Gestão têm-se ações relacionadas aos procedimentos e meios de suporte à gerência das interfaces com as ferramentas: inventário, fluxos e procedimentos. Para a ação cuja tratativa é pilotada desde o início pela equipe de engenharia de processo reserva-se o campo Projetos. Já as adaptações e modificações são controladas no campo Vida Série.

No total 34 dos 54 modelos de DPs da planta estudada sofreram alguma modificação de projeto no período de desenvolvimentos. Embora a equipe tenha conseguido reduzir significativamente os problemas relacionados aos DPs (adequação operacional de 81% do portfólio problemático), houve a necessidade de adequação dos padrões técnicos dos projetos – desenhos e especificações. O gráfico da figura 14 quantifica informações do impacto do período de desenvolvimento de soluções:

- diminuição da incidência de defeitos;
- conhecimento de requisitos técnicos;
- alteração dos padrões de construção dos modelos de DPs.

## Status do Portfólio



**Figura 14: Impacto do período de desenvolvimento de soluções de DPs.**

A gestão de informações necessárias ao controle do trabalho era suportada também por um sistema de dados com o status do portfólio – figura 15. Tal recurso unificou o acesso aos seguintes resultados:

- dispositivos não validados tiveram a compra direta suspensa até adequação técnica;
- desenhos técnicos foram organizados;
- percurso operacional dos DPs foi mapeado;
- dispositivos foram agrupados de acordo com sua funcionalidade.





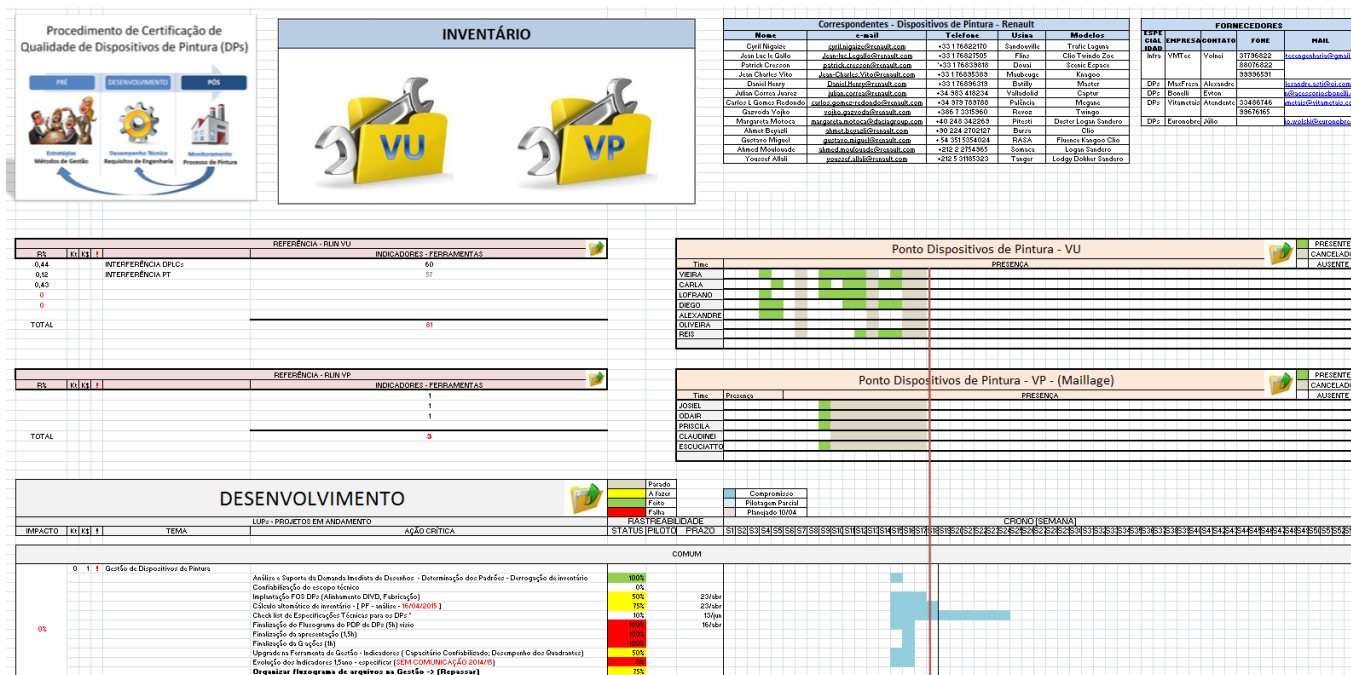


Figura 16: Planilha principal de acessibilidade de informações referentes aos DPs.

### 5.1.3 Procedimentos para a Certificação da Qualidade de DPs (PCQ-DPs)

Durante o controle das demandas e gestão das informações pode-se verificar a existência de etapas para a certificação da qualidade final de novos DPs. Desde a demanda por determinada função operacional (travar portas, limitar abertura...) até a liberação de compra direta, foram observados padrões de falhas de consideração que repercutiam problemas relacionados ao ferramental. Foram verificadas as seguintes falhas de consideração:

- a) compra de modelos de DPs que já causavam problemas;
- b) desconsideração das análises relativas aos problemas de DPs;
- c) desenvolvimento de DPs sem a consideração das características do processo;
- d) desconsideração da experiência de outras fábricas da multinacional;
- e) validação de modelos de DPs sem o uso de um procedimento robusto;
- f) processo de compras fora do procedimento padrão;
- g) validação de fornecimento sem o uso de um procedimento robusto;
- h) dificuldades de acessibilidade de análises e dados relativos às falhas relacionadas aos DPs;
- i) falta de procedimento de monitoramento da eficiência operacional dos DPs;
- j) falta de procedimentos de manutenção.

A partir da consideração da análise dos dados levantados formulou-se um padrão de Procedimentos para a Certificação de Qualidade dos Dispositivos de Pintura (PCQ-DPs) – vide fluxograma da figura 17, anexo E. O padrão baseia-se nas seguintes premissas básicas:

- análise das características do processo no percurso de atuação;
- consideração do histórico de defeitos associados;
- levantamento das necessidades dos usuários;
- levantamento das concepções/tecnologias consolidadas;
- procedimentos de ensaios à validação de protótipos/lotes;
- procedimentos de validação de fornecimento;
- procedimentos de manutenção;
- procedimentos de produção e armazenamento de análises.

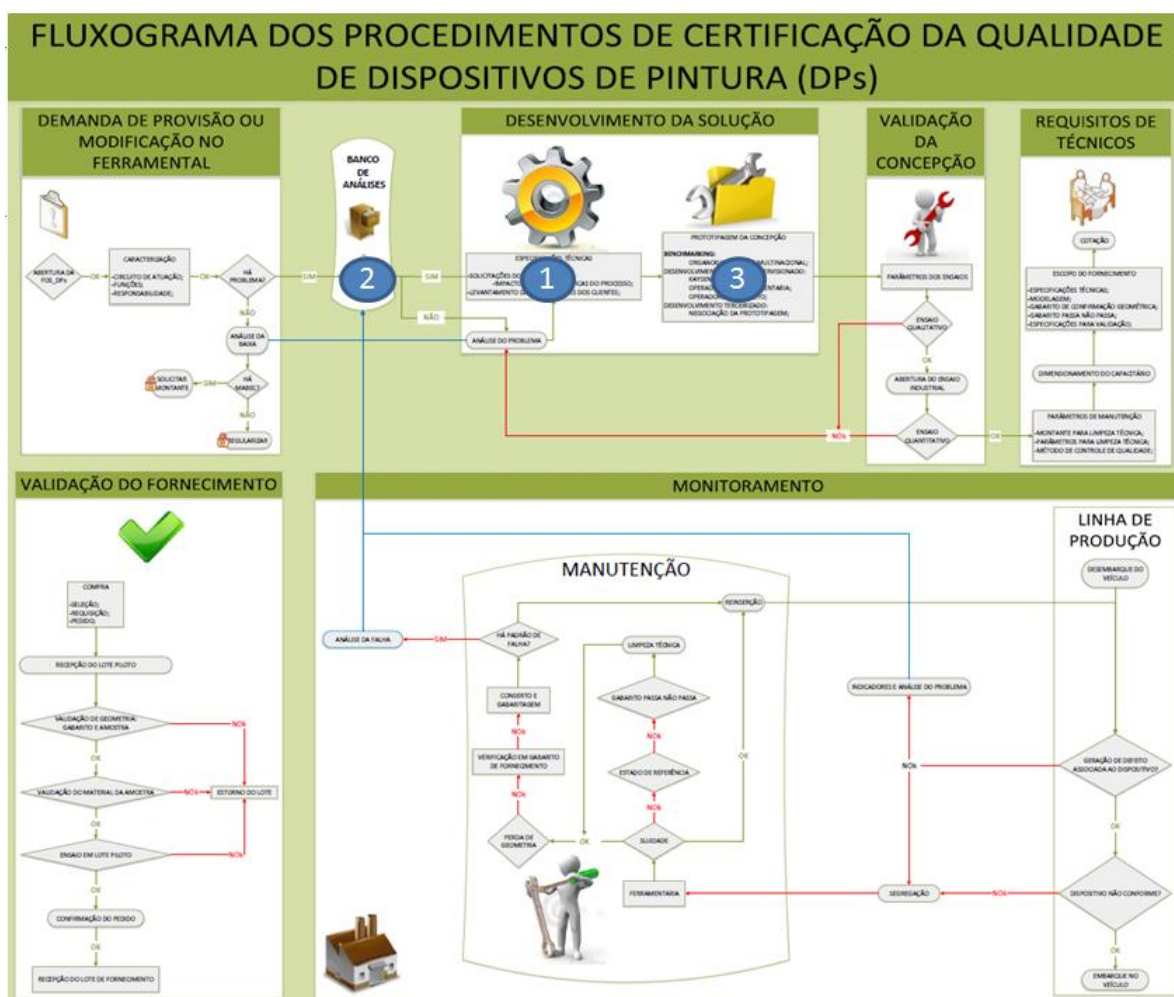


Figura 17: Fluxograma de Procedimentos de Certificação da Qualidade de DPs.

Neste fluxograma verifica-se a necessidade de definição das Especificações Técnicas durante a fase de desenvolvimento - item 1. Esta etapa está precedida pela consideração das análises de problemas associados aos DPs –item 2, fornecendo então parâmetros para a definição da concepção – item 3.

A implantação desse artifício dependeu fundamentalmente da comunicação e dedicação dos setores envolvidos no Processo (Fabricação, Manutenção, Qualidade e Engenharia), dessa forma unindo forças em prol: do abastecimento do banco de análises referentes aos defeitos relacionados aos DPs; do cumprimento dos procedimentos de validação de concepções; do cumprimento dos procedimentos de manutenção; dos procedimentos de monitoramento de eficiência dos DPs.

## 5.2 Projetos

De acordo com os capítulos anteriores, o correto desenvolvimento de DPs na fase de projeto depende fundamentalmente da comunicação entre o Processo e o Projeto. Os próximos subcapítulos desenvolveram meios de apoio ao projetista de DPs, segundo a lógica do esquema ilustrado na figura 18.

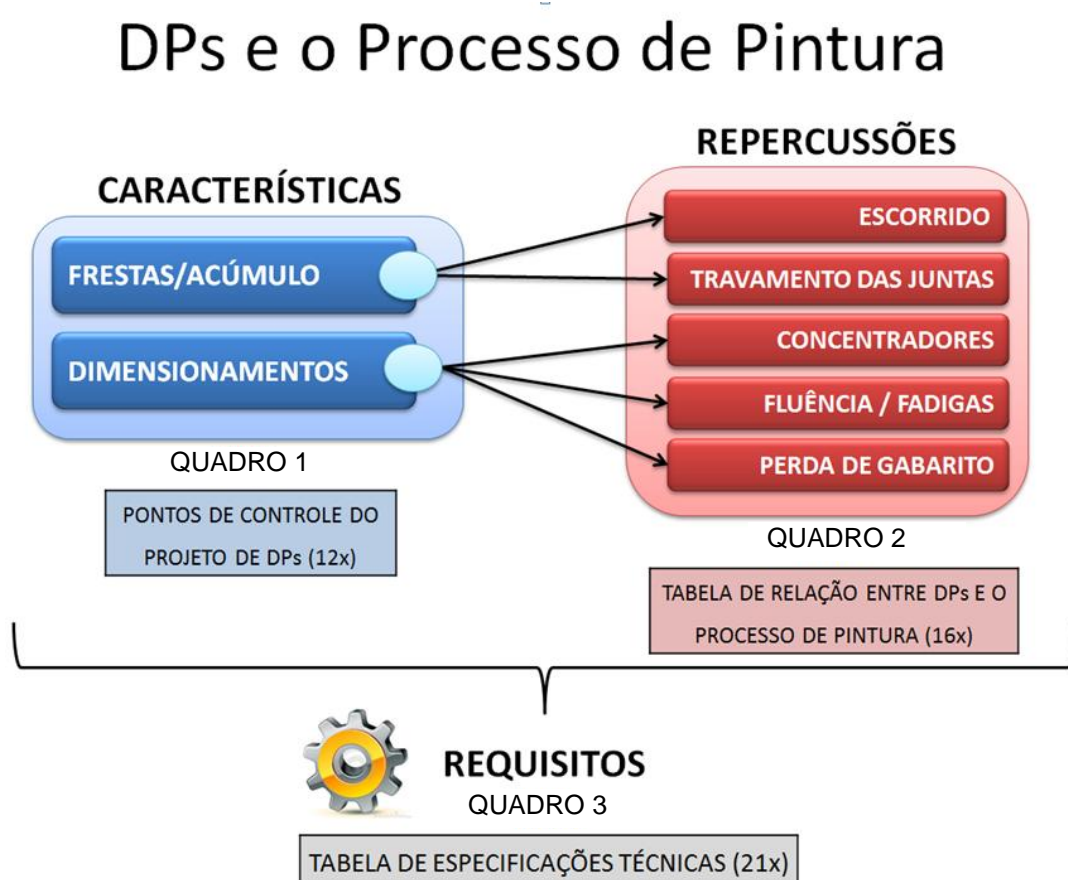


Figura 18: Fluxograma de Procedimentos de Certificação da Qualidade de DPs.

### 5.2.1 Levantamento das Necessidades do Processo

Com o sistema já compreendido/controlado, iniciou-se o levantamento dos requisitos técnicos dos DPs. Abordando os fenômenos problemáticos através da lógica de análises do procedimento padrão da empresa – anexo C, pode-se identificar dentre as causas raiz as de relação direta com os DPs. O quadro 1 sintetiza os resultados de análises de causa raiz dos problemas do processo de Pintura relacionados aos DPs – anexo E. Nesses recursos são separados os problemas específicos de determinado ciclo operacional dos problemas comuns a todo o portfólio de DPs.

RELAÇÃO ENTRE DPs E O PROCESSO DE PINTURA	
P	TEMA
PROBLEMAS COMUNS	01 (ERGONOMIA)
	01 Desenvolvimento de soluções sem a validação da segurança do trabalho - Vide NR12
	02 Operação demandando força acima do tolerável
	03 Dificuldade na manipulação do DP - ergonomia
	04 Operação com o DP exige postura não ergonômica
	05 Operação/DP expõe operador à risco de segurança
	02 (RESISTÊNCIA À CORROSÃO)
	01 Películas de pintura retiradas no processo de limpeza técnica - exposição do metal do DP à ambiente corrosivo
	02 Seleção de materiais de baixa resistência à corrosão para construção dos DPs
	03 Processo de limpeza técnica por pirólise empobrece a composição anticorrosiva das ligas dos DP
	04 Armazenamento de DPs em locais propensos à corrosão
	03 (INTERFACE OPERATÓRIA) & (TEMPO DE CICLO) & (OPERACIONALIDADE)
	01 Desenvolvimento de soluções sem a aprovação dos usuários
	02 Operações de embarque e desembarque dos DPs complexas - dependentes da destreza operatória
	03 DPs com alto tempo de ciclo operacional
	04 Posicionamento incorreto do DP

PROBLEMAS ESPECÍFICOS	04	(TRAVAMENTO)
	01	Submersão da carroceria e DP nos banhos Ecoat
	02	Necessidade de DP para executar a função de travamento das partes móveis da carroceria
	03	Fluido Ecoat penetra em frestas do DP
	04	Conjunto estrutural de movimentação do DP recebe a película Ecoat nas superfícies de contato/atrito
	05	Limpeza técnica e atrito entre componentes do conjunto retiram a película Ecoat curada
	06	Região entre superfícies do conjunto de movimentação acumula a película desagregada
	07	Conjunto de movimentação perde a função por travamento resultante do acúmulo de massa de películas desagregadas
	05	(COLADURA E/OU FURO NOS APOIOS DE SUSTENTAÇÃO DA CARROCERIA)
	01	Submersão da carroceria e DP nos banhos Ecoat
	02	Necessidade de DP para executar a função de sustentação da carroceria
	03	Correte elétrica atravessa gaps/frestas das regiões entre DP e carroceira
	04	Frestas de contato entre DP e carroceria suficientemente largas para
	06	(INSUFICIÊNCIA DE INSUFALMENTO DE AR PARA CURA DAS PELÍCULAS)
	01	Cura de películas de pintura mediante transferência de calor e massa - dependente das condições do ar ambiente
	02	DP com função de afastamento impondo o espaçamento entre as superfícies pintadas
	03	Arranjo de superfícies aplicadas com regiões de deficit de insuflamento de ar durante os processos de cura
	04	Arranjo de superfícies aplicadas com gradiente de temperaturas durante os processos de cura
	05	Alteração das condições de transferência de calor e massa especificadas
	07	(CONTAMINAÇÃO POR LÍQUIDO ECOAT ACUMULADO NOS DPs)
	01	Submersão da carroceria e DP nos banhos Ecoat
	02	Necessidade de DP para executar a função de travamento das partes móveis da carroceria
	03	Propensão ao acúmulo de líquido Ecoat em regiões do DP até o processo de cura Ecoat
	04	Abertura das partes móveis da carroceria limitada pelas dimensões do processo e pelas características do DP que as travam
	05	Acúmulo de Ecoat (no DP) posicionado em regiões com potencial de contaminação das partes fixas da carroceria
	06	Varição de temperatura expandindo frestas e evaporando o líquido Ecoat acumulado
	07	Vazão de fluído Ecoat da parte móvel da carroceria entrando em contato com as partes fixas da carroceria
	08	Fluido Ecoat mancha a chapa atingida após vaporização
	08	(CONTAMINAÇÃO POR LÍQUIDO ECOAT ACUMULADO NAS PARTES MÓVEIS DA CARROCERIA)
	01	Submersão da carroceria nos banhos Ecoat
	02	Propensão ao acúmulo de líquido Ecoat em regiões das partes móveis da carroceria até o

	processo de cura Ecoat
03	Abertura das partes móveis da carroceria limitada pelas dimensões do processo e pelas características do DP que as travam
04	Acúmulo de Ecoat (na parte móvel da carroceria) posicionado em regiões com potencial de contaminação das partes fixas da carroceria
05	Variação de temperatura expandindo frestas e evaporando o líquido Ecoat acumulado
06	Vazão de fluido Ecoat da parte móvel da carroceria entrando em contato com as partes fixas da carroceria
07	Fluido Ecoat mancha a chapa atingida após vaporização
09	(INTERFERÊNCIA ENTRE A CARROCERIA E ESTRUTURAS DO PROCESSO)
01	Dimensões da passagem das carrocerias pelo processo limitadas pela disposição das estruturas do processo
02	Necessidade de DP para executar a função de afastamento das partes móveis da carroceria
03	DP (com função de afastamento das partes móveis da carroceria) mal dimensionado ou mal posicionado
04	Partes móveis da carroceria em rota de colisão com estrutura e/ou máquina do processo
10	(CONTAMINAÇÃO DA PINTURA POR RESÍDUOS SÓLIDOS DE PELÍCULA ECOAT/ABV)
01	Película aplicada sobre o DP cura
02	Ciclos operacionais gerando acúmulo de películas
03	Película de Tinta aplicada sobre superfícies atritadas do DP - juntas de rotação e/ou regiões de contato deslizante
04	Atrito retira películas curadas
05	Película desagregada em rota de colisão com superfície da carroceria recém aplicada
11	(INTERFERÊNCIA ENTRE A CARROCERIA E RESPECTIVAS PARTES MÓVEIS)
01	DP em sobre tempo de vida ou apresenta falha de projeto
02	Outro(s) fenômeno(s) do ciclo de vida do DP afetando função (de afastamento das partes móveis) do DP
03	Operação de embarque com alta dependência da destreza da operação - sem pokayoke e/ou complexa e/ou não checada
04	Mal posicionamento do DP
05	Função de afastamento debilitada
12	(FALHA FUNCIONAL POR SUJIDADE)
01	DP com região funcional sujeita à aplicação das películas de Pintura
02	Ciclos operacionais gerando acúmulo de películas
03	Possibilidade de perda de função do DP
13	(CRITICIDADE DO POSICIONAMENTO)
01	Característica funcional do DP impõe diferentes possibilidades de posicionamento para as partes móveis



02	Qualidade percebida do processo de pintura dependente da orientação das partes da carroceria
03	Parte móvel desalinhada em relação à carroceria durante o processo de aplicação/cura obtém aspecto de pintura diferenciado
14	(PERDA DE ELASTICIDADE) + (FALHA POR FRAGILIZAÇÃO TÉRMICA)
01	Necessidade de gradiente de temperatura para cada processo de deposição de película da Pintura das carrocerias
02	DP embarcado na carroceria durante processo de cura
03	Alta temperatura no processo de limpeza técnica por pirólise
04	Mecanismos metálicos sujeitos ao fenômeno de fadiga térmica, fluência e fragilização
05	Dispositivos delgados mais vulneráveis aos fenômenos térmicos
06	Somatória dos efeitos em diversos ciclos operacionais
15	(FALHA POR FRAGILIZAÇÃO MECÂNICA)
01	DP intermitentemente submetido a tensões no processo produtivo
02	Região de microtrinca e ZTA (zona termicamente afetada - soldagem) fragilizadas
03	Seleção de materiais de baixa resistência a tensão
04	Uso de geometrias com concentradores de tensão
05	Somatória dos efeitos em diversos ciclos operacionais
16	(INSUFICIÊNCIA DE ESPESSURA DE CAMADA DE ECOAT)
01	Submersão da carroceria nos banhos Ecoat
02	Necessidade de DP para executar a função de posicionamento travado das partes móveis da carroceria
03	Características do percurso da carroceria submersa possibilitando a formação de bolhas nas partes do veículo
04	Posicionamento das partes móveis possibilitando a formação de bolhas no interior das partes móveis
05	Espessura da camada Ecoat dependente do contato entre líquido Ecoat e chapa da carroceria
06	Falta de contato entre líquido Ecoat e a chapa da carroceria

**Quadro 1 – Síntese das análises da relação entre DPs com o Processo de Pintura.**

A partir das necessidades do processo um novo tratamento de dados pode relacionar ainda a combinação entre as solicitações do processo e as características construtivas dos DPs. Por exemplo, na medida em que o projeto contém uma junta móvel, está sujeito ao fenômeno de travamento – índice P4 do quadro 1.

Dessa forma evidenciou-se a necessidade de falha de consideração de projeto do ferramental para a ocorrência dos eventos problemáticos na Pintura. Sendo assim, características do projeto de um DP com potencial impacto problemático foram listadas –



quadro 2. Trata-se de uma lista de pontos de controle de projeto (interface operatória, funções, percursos de atuação, dimensionamentos) relacionadas ao quadro 1 a partir da correlação de identificação P (Problemas).

PONTOS DE CONTROLE DO PROJETO DE DPs		
P	COMUNS	R
01	Necessidade de esforço físico médio ou grande	01
	Dificuldade de manipulação	
	<i>Operação com o DP exige postura não ergonômica</i>	
	Operação com o DP expõe operador à risco de segurança	
02	Necessidade de dimensionamento de acordo com a previsão do tempo de vida	02
11		
14	Monitoramento do tempo de vida	
03	Operações complexas	03
	Tempo de ciclo elevado	
	Possibilidade de falso posicionamento	
P	ESPECÍFICOS PARA DP:	R
03 09 11 16	Com função de afastamento das partes móveis da carroceria	04
10	Embarcado durante processo de cura	05
04 11 12	Com mecanismos móveis	06
10 12	Com regiões (funcionais) de atrito com aplicação de película ABV	07
14	Com componentes elásticos	08
14	Com componentes delgados (diâmetro inferior à 8mm; espessura de chapa inferior à 3 mm)	09
	Com função de travamento durante submersão no fluido Ecoat	
	Com componentes longos (maior que 1 metro) e com presença de solda	
07	Com possibilidade de acúmulo de fluido Ecoat no DP	10
08	Ligado à parte móvel com possibilidade de acúmulo de fluido Ecoat	11
13	Com função de posicionamento de peça durante aplicação ABV	12

**Quadro 2 – Pontos de controle na seleção de concepções de DPs.**

Esta listagem apoia a escolha dos modelos de DP por suas características construtivas. Nesse formato o projetista fica ciente com o que se preocupar e o porquê se preocupar no momento do projeto. O indicador R (Requisitos) orienta a correlação aos requisitos técnicos listados no próximo subcapítulo.

### 5.2.2 Requisitos Técnicos de DPs

A fim de direcionar formas de como satisfazer as características do processo foram determinados requisitos técnicos para as características de projeto listadas no quadro 3.

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS		
R	DE PROJETO	E
01	Satisfazer NR12	01
02	Dimensionamento segundo tempo de vida	02
	Declaração da dureza de fornecimento e dureza de fim de vida	03
03	Facilidade operacional	04
	Estabilidade na posição de trabalho	05
04	Manter distância suficientemente grande para cura das películas	06
	Maximizar distância de abertura para evitar o manchamento do acumulado Ecoat nas partes móveis	07
	Direcionar vazões com potencial de manchamento da carroceria	08
	Manter distância suficientemente pequena para não interferência com as estruturas/máquina do processo	09
	Manter distância suficientemente grande para a não interferência entre carroceria e partes móveis	10
05	Proteger/evitar possibilidade de aplicação em regiões dos DPs atritadas durante o ciclo operacional	11
06	Permitir o livre fluxo de fluido e detritos Ecoat	12
07	Proporcionar condições para maximização do número de passagens antes da necessidade de limpeza técnica	13
08	Superdimensionar componentes elásticos	14
	Considerar limpeza técnica de baixo aporte térmico	15
09	Considerar limpeza técnica de alto aporte térmico - pirólise	16
	Dimensionar mecanismos robustos a partir da consideração das características do processo	17
	Criticidade no controle dos parâmetros de soldagem	18
10	Vazar cavidades	19
	Utilizar perfis abertos	20
12	Garantir o alinhamento da montagem da peça na carroceria durante a aplicação	21

Quadro 3 – Requisitos técnicos dos DPs.

Neste quadro foram listados os requisitos técnicos conhecidos para os DPs do processo da planta estudada com base na experiência de pós-desenvolvimento desempenhada no Processo.

Dentre os requisitos ainda pode-se estabelecer especificações meta e de manutenção relacionadas às especificações técnicas. No quadro 4 são listados dimensionamentos de eficiência comprovada para determinadas combinações técnicas de mecanismos. Enquanto que, no quadro 5 são indicadas oportunidades de adequação da

frequência/tipo de limpeza técnica bem como controle do tempo de vida do inventário de acordo com os dados de fornecimento e de gestão dos DPs.

E	ESPECIFICAÇÕES META
12	Junções cilíndricas de rotação com folgas superiores à 1,5 mm
17	Para SAE 1020, utilizar mancais com largura maior que 15 mm
17	Para SAE 1020, utilizar diâmetros maiores que 1/3" e espessuras de chapa maiores que 1/6"

**Quadro 4 – Especificações meta dos DPs.**

E	ESPECIFICAÇÕES DE MANUTENÇÃO
2	Controle da variação da dureza
6	Ajustar ciclo de limpeza técnica à garantia da funcionalidade do D
7	Especificar tipo de limpeza técnica

**Quadro 5 – Especificações de manutenção dos DPs.**

### 5.2.3 Check list de Suporte ao Desenvolvimento de DPs

Uma mesma função operacional de um DP pode ser desempenhada por diferentes modelos de mecanismos (concepções). Tomando-se como exemplo a função de travamento de porta, em duas opções: fixação de haste entre a carroceria e a extremidade próxima da fechadura da porta; uso de pino para impedir a rotação do sistema de rotação da porta.

Nesses termos, como ferramenta de seleção de concepções de DPs formulou-se o quadro 6, resumidamente preenchido de acordo com a necessidade de um novo projeto de carroceria da empresa estudada.

Na medida em que o projetista esteja ambientado com os pontos de controle do quadro 2 e com a relação entre os DPs e o processo de Pintura do quadro 1, através desse recurso, conseguirá verificar as condições para que sua concepção tenha sucesso. Por exemplo, para a demanda de afastamento de portas travadas no percurso Ecoat (primeira demanda do quadro 6), fora selecionada a concepção "X11 & B52" que requisita da função de afastamento (presente no quadro 2, índice R4) relação de abertura sob as condições (do quadro 3, índice R4): abertura mínima para cura da película (R6); abertura suficiente para evitar danos do gotejamento de acumulado Ecoat nas partes móveis (R7); abertura suficientemente pequena para não interferência com as estruturas e máquinas do processo (R9); abertura mínima para que não haja contato entre parte móvel e

carroceria (R10). Este produto necessita ainda das especificações técnicas de índices 1, 2, 3, 4, 5, 14, 17 e 20, suprimidas do quadro 6 para melhor apresentação do quadro.

SELEÇÃO DE FUNÇÕES E CONTROLE DE CONCEPÇÕES PARA NOVO PROJETO DE CARROCERIA

PERCURSO	FUNÇÃO	PARTE MÓVEL	CONCEPÇÃO (PROJETISTA)	PONTOS DE CONTROLE [PC]						
				6	7	8	9	10..		
ECOAT	AFASTAR	TRAVAR	PORTAS	X11 & B52	X	X		X	X	
			PORTA MALAS	X52	X	X		X	X	
			CAPO	~						
			TAMPA DE COMBUSTÍVEL	~						
		BATENTE FECHADO	PORTAS	~						
			PORTA MALAS	BUTEE				X	X	
			CAPO	BUTEE				X	X	
			TAMPA DE COMBUSTÍVEL	~						
		BATENTE ABERTO	PORTAS	~						
			PORTA MALAS	~						
			CAPO	~						
			TAMPA DE COMBUSTÍVEL	~						
	SUSTENTAR	PEÇAS PARA TRATAMENTO	BBA			X				
	DIRECIONAR FLUIDO ECO	QUAISQUER	~			X				

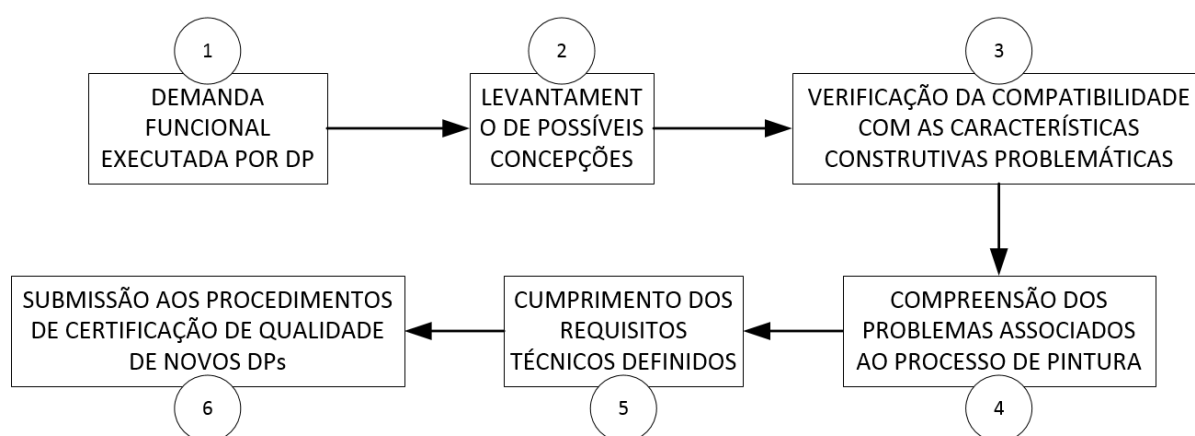
MASTIC E ABV	AFASTAR	TRAVAR	PORTAS	~						
			PORTA MALAS	~						
			CAPO	~						
			TAMPA DE COMBUSTÍVEL	~						
		BATENTE FECHADO	PORTAS	X52	X			X	X	X
			PORTA MALAS	BBA	X			X	X	X
			CAPO	BUTEE	X			X	X	X
			TAMPA DE COMBUSTÍVEL	X52 u				X	X	X
		BATENTE ABERTO	PORTAS	~						
			PORTA MALAS	X52				X		X
			CAPO	X52				X		X
			TAMPA DE COMBUSTÍVEL	~						
	MANIPULAR	PORTAS	~							
		PORTA MALAS	BBA						X	
CAPO		BBA						X		

		TAMPA DE COMBUSTÍVEL	BBA						X
	SUSTENTAR	TAMPA DE COMBUSTÍVEL	X52 u				X	X	X
		PEÇAS PARA APLICAÇÃO	~						

Quadro 6 – Controle de concepções de DPs.

#### 5.2.4 Procedimento para a Determinação de Requisitos Técnicos de Novos DPs

A fim de suportar o momento da definição da concepção de um DP no processo estudado, formulou-se um procedimento para o acompanhamento do desenvolvimento de projetos de DPs – figura 19.



**Figura 19: Procedimento para o acompanhamento do desenvolvimento de projetos de DPs**

Este fluxograma complementa os procedimentos para certificação da qualidade de novos DPs (PCQ-DPs), através das seguintes etapas:

- 1) Demanda para o desenvolvimento de mecanismo com determinadas funções – input do PCQ-DPs;
- 2) Levantamento de possíveis concepções – suportada pelo contato com representantes das fábricas da multinacional, listados na planilha de gestão unificada da figura 13;
- 3) Verificação de compatibilidade das características construtivas da concepção (sob validação) com as características problemáticas do quadro 2;
- 4) Compreensão dos problemas no processo de pintura através da consulta ao quadro 1 – correlacionada ao quadro 2 pelo indicador P;
- 5) Cumprimento dos requisitos técnicos através da consulta ao quadro 3, correlacionada ao quadro 2 pelo indicador R;

- 6) Submissão da concepção/protótipo aos PCQ-DPs;  
Um fluxograma específico para às necessidades do projetista é ilustrado na figura 20.

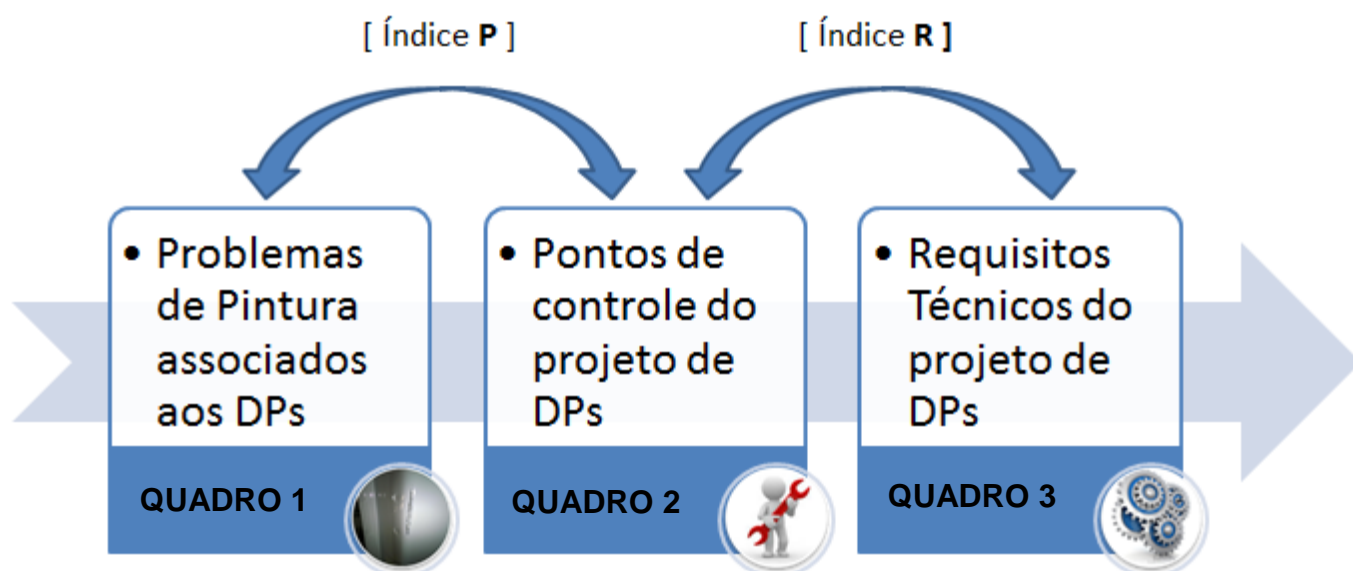


Figura 20: Procedimento para o desenvolvimento de novos DP's

## RESULTADOS

O trabalho apresentou resultados inovadores na área de industrialização do processo de pintura automotiva. No decorrer da pesquisa verificou-se a necessidade de formulação de meios e procedimentos não previstos para o cumprimento dos objetivos. Dessa forma pode-se gerenciar informações, tomando decisões que suprimam a urgência necessária ao cumprimento dos prazos.

Apesar de ter sido considerada uma etapa metodológica, por sintetizar as análises de causa e efeito relacionadas à eficiência do ferramental naquele processo, o quadro 1 – da relação entre os DPs e o Processo de Pintura, demonstrou importância fundamental no embasamento de todo o estudo.

A necessidade de organização de informações e procedimentos através da consideração dos indicadores da fábrica tornou os produtos da pesquisa sólidos e convenientes. Dessa forma consolidou-se um bom nível de comunicação com os diversos participantes (Fabricação, Manutenção, Qualidade e Engenharia) a ponto de efetivar a implementação dos recursos.

O valor agregado total do trabalho pode ser distribuído basicamente nos seguintes itens:

- Diminuição dos retoques e da necessidade de MOS e MOD;
- Aumento do tempo de vida útil e confiabilidade dos DPs;
- Melhora na comunicação entre Fabricação, Manutenção e Engenharias de Processo e Projeto;
- Comunicação de tecnologia de DPs na multinacional.

## CONCLUSÕES

O trabalho atingiu todos os objetivos definidos de acordo com a seguinte relação:

- a) Um sistema de dados do portfólio mapeou o percurso e outros dados técnicos dos dispositivos como as características funcionais;
- b) Foi confeccionado um fluxograma com as etapas de gestão e de validação de novos dispositivos;
- c) Análises de falhas em DPs foram sintetizadas;
- d) Foi confeccionado um fluxograma com as etapas de determinação dos requisitos técnicos dos DPs.

Este trabalho pode suprir desenvolvedores de DPs de informações pertinentes às necessidades de processos industriais semelhantes. Dessa forma contribuiu-se significativamente com o desenvolvimento tecnológico nesta área.

Apesar de suportar o levantamento de modelos existentes na multinacional, o trabalho não abordou o processo de desenvolvimento das concepções. É válido lembrar ainda que, sem um mecanismo de monitoramento da eficiência dos modelos de DPs, a distinção da eficiência entre dois modelos de ferramentas que não geram problemas aparentes torna-se intuitiva. Nesses termos o estado da arte proporciona desenvolvimento do ferramental apenas até a não geração de problemas.

Outra possível abordagem identificada estaria no desenvolvimento de DPs através da utilização de simulação computacional para o ciclo operacional das ferramentas. Dessa forma efeitos térmicos e mecânicos poderiam ser considerados no refino do projeto de novos DPs.



## REFERÊNCIAS

ANDREASEN M. M.; HEIN L. **Integrated product development**. Bedford: Springer-Verlag, 1987.

ARCHER, L. B. **The structure of design processes**. London: Royal College of Art, 1968.

ASIMOW, M. **Introduction to design**. New Jersey: Prentice-Hall, 1962.

BACK, N. **Metodologia de projeto de produtos industriais**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983.

BONSIEPE, G. **Teoria y práctica del diseño industrial**. Barcelona: Gustavo Gili, 1978.

BÜRDEK, B. E. **Diseño: Historia, teoría y práctica del diseño industrial**. Barcelona: Gustavo Gili, 1994.

DICKSON, P. **Marketing management**. Forth Worth: The Dryden Prees, 1997.

JITESH THAKKAR, S. G.; DESHMUKH, A. S. **Total Quality Management (TQM) in self-financed technical institutions: a Quality Function Deployment (QFD) and force field analysis approach**. *Quality Assurance in Education*. v. 14 n. 1, p. 54-74, 2006.

JONES, C. J. **Métodos de diseño**. Barcelona: Gustavo Gili, 1976.

JNANESH, N. A.; HEBBAR, C. K. **Use of Quality Function Deployment analysis in curriculum development of engineering education and models for curriculum design and delivery**. *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science*. San Francisco, USA, 2008.

KAMINSKI, P. C. **Desenvolvendo produtos com planejamento, criatividade e qualidade**. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

KOTLER, P. **Marketing management: analysis, planning, implementation, and control**. Londres: Prentice-Hall, 1974.

PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K. **Projeto na engenharia: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações**. Trad. Werner, H. A., 6ª ed. São Paulo: Editora Edgar Blücher, 2005.

PARK, C., ZALTMAN, G. **Marketing management**. Chicago: The Dryden Press, 1987.

PRASAD, B. **Concurrent engineering fundamentals: integrated product development**. Londres: Prentice-Hall, 1997.

ROOZENBURG, N. F. M., EEKELS, J. **Product desing: fundamentals and methods**. New York: John Wiley & Sons, 1995.

ROZENFELD, H; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; TOLEDO, J. C. de; SILVA, S. L.da; ALLIPRANDINI, D. H.; SACLICE, R. K. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria de processos**. São Paulo: Editora Saraiva, 1. ed., 2006.

SANTOS, J.C.; ANGELONI, M.; MALUF, O.; MILIAN, M.T.; SPINELLI, D.; **Efeito da adição de magnésio sobre as propriedades de fadiga em altas temperaturas de ligas de Al-Si fundidas sob pressão em molde permanente**; 17° CBCIMat; Foz do Iguaçu; 2006.

STREITBERGER, H. J.; DÖSSEL, K.F. **Automotive paints and coating**. 2a ed. Alemanha: Wiley – VCH, 2008. 493p.

SUAREZ, T. M.; JUNG, C. F.; CATEN C. S. **Adaptação e Aplicação de um Método de Desenvolvimento de Produtos em uma Microempresa de Manufatura de Produtos Decorativos**. Revista P&D em Engenharia de Produção V. 07 N. 01 (2009) p. 37-63

SUH, N. P. **The principles of design**. New York: Oxford Press, 1988.

TAVARES; FREITAS; BRETZ. **Uma avaliação sobre o gerenciamento e os resultados obtidos pelo modelo de referência APQP na cadeia automobilística brasileira**. XXVI ENEGEP; Fortaleza; 2006.



TUBINO, D. F. **Manual de planejamento e controle da produção**. 2. ed, São Paulo, Editora Saraiva, 2000.

ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D. **Product design and development**. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 2000.

WHEELWRIGHT, S. C., CLARCK, K. B. **Revolutionizing product development process: quantum leaps in speed, efficiency, and quality**. New York: The Free Press, 1992.

VIDAL, M.C. (1985) – ***Le travail des maçons en France et au Brésil: Sources et gestion des différences et variations*** . Tese de doutorado em Ergonomia, CNAM/Paris. (Orientação A. Wisner).

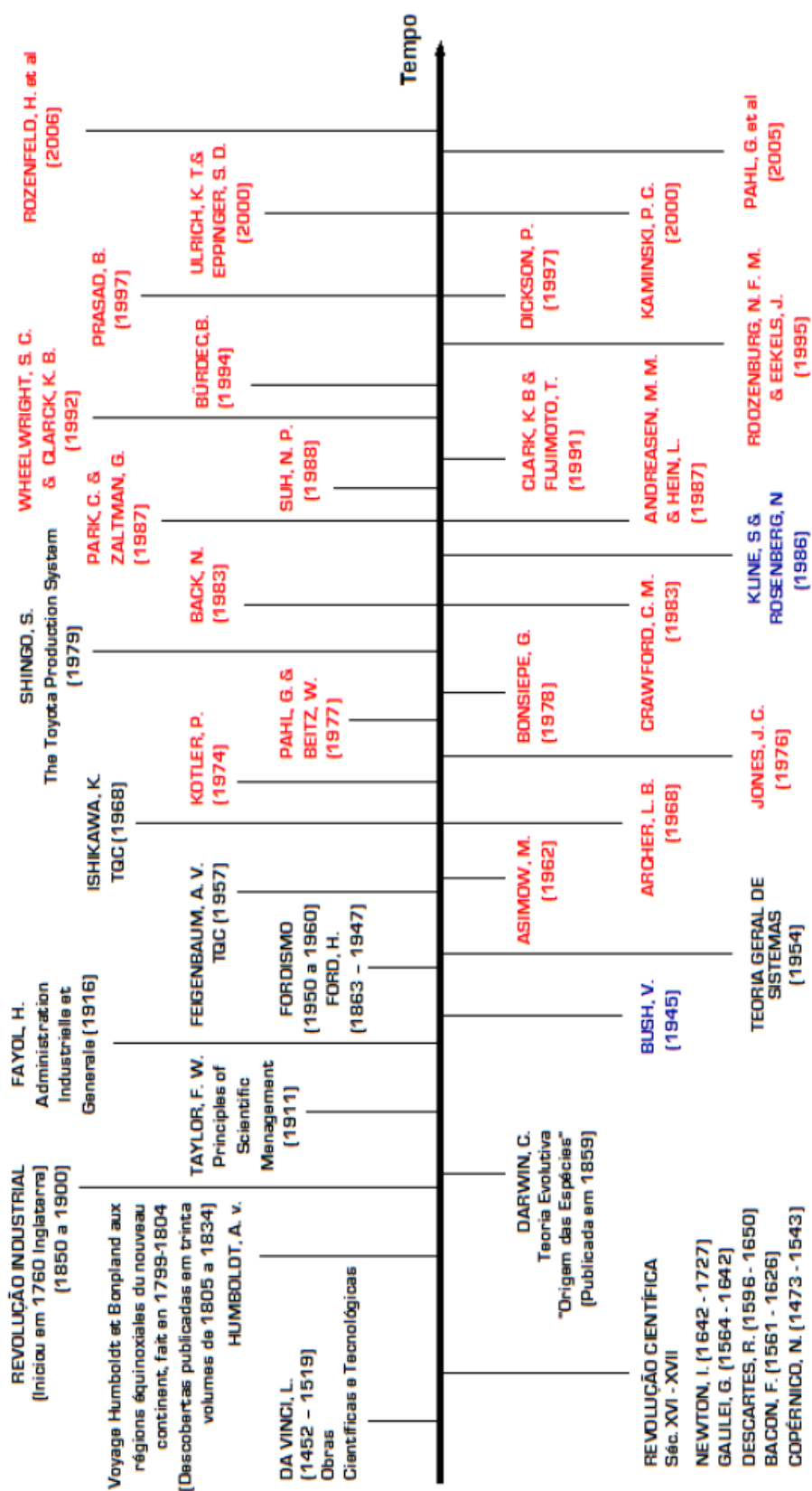
# ANEXO A – FOP DE BATENTE DE PORTAS DIANTEIRAS

<p><b>Folha Operação Processo 'A'</b>  <small>Copyright RENAULT s.a.s. (2012) This document is strictly CONFIDENTIAL. The use, disclosure or reproduction of this document is subject to the prior written consent of RENAULT s.a.s.</small></p>		<p>Data 13/02/12</p>	<p>Aprovação ESCUCIATTO</p>	<p>Emissor ESCUCIATTO</p>						
										
<p><b>Outillage spécifique</b></p> <table border="1"> <tr> <td>Norm</td> <td>Batente Por</td> </tr> <tr> <td>Référence</td> <td>MS1.0002425</td> </tr> <tr> <td>Coefficient</td> <td>2</td> </tr> </table>		Norm	Batente Por	Référence	MS1.0002425	Coefficient	2	<p><b>Notas</b> Operação idêntica para os lados direito e esquerdo</p>		
Norm	Batente Por									
Référence	MS1.0002425									
Coefficient	2									
<p><b>ESPECIFICAÇÕES</b> - Colocar a ferramenta no furo do assoalho próximo a coluna de porta, conforme figura ao lado.</p>		<p><b>Veículo</b> X62</p>								
<p>N° F.E.</p>		<p>Diversidade considerada 20090-NULL-:E62,F62,H62,J62,U62/SAUF CHAUVT.</p>								
<p>Nome Folha Operação Processo <b>Colocação Batente de Porta</b></p>		<p>Número Folha Operação Processo <b>G115H-X62</b></p>								
<p>Página 1/1</p>		<p>Atualização 17/03/14</p>								
<p>Niv</p>		<p>Comentários</p>								
<p>Prep</p>		<p>13/02/12</p>								
<p>Apr</p>		<p>Data</p>								





## ANEXO D - CRONOLOGIA DE PUBLICAÇÕES DE PDP

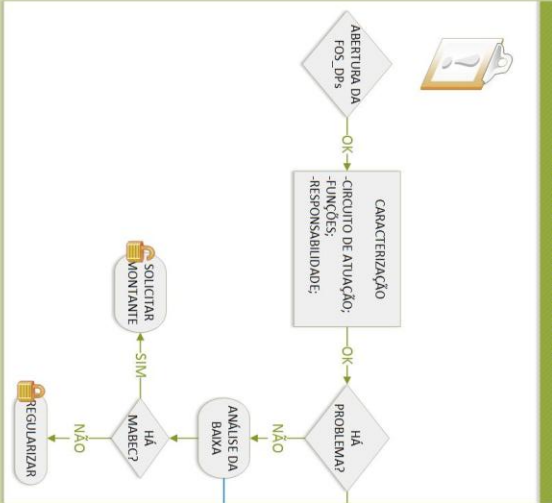




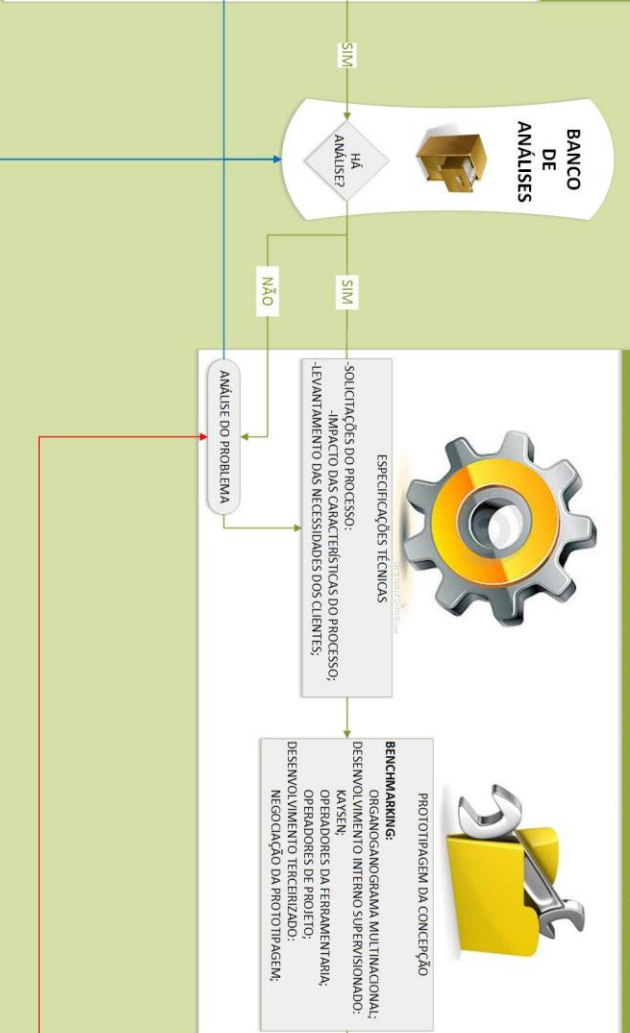
ANEXO E - FLUXOGRAMA DOS PROCEDIMENTOS DE CERTIFICAÇÃO DA QUALIDADE DE DPS

# FLUXOGRAMA DOS PROCEDIMENTOS DE CERTIFICAÇÃO DA QUALIDADE DE DPS DE DISPOSITIVOS DE PINTURA (DPS)

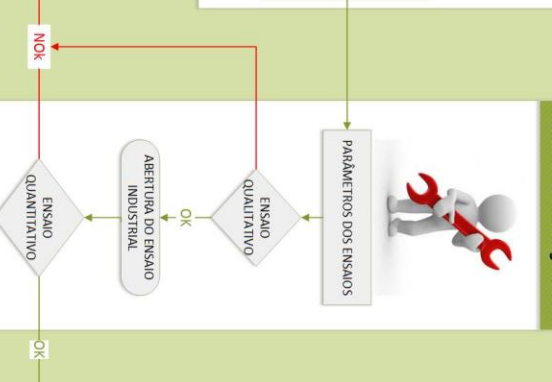
## DEMANDA DE PROVISÃO OU MODIFICAÇÃO NO FERRAMENTAL



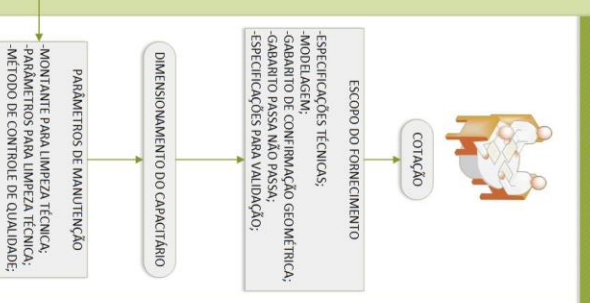
## DESENVOLVIMENTO DA SOLUÇÃO



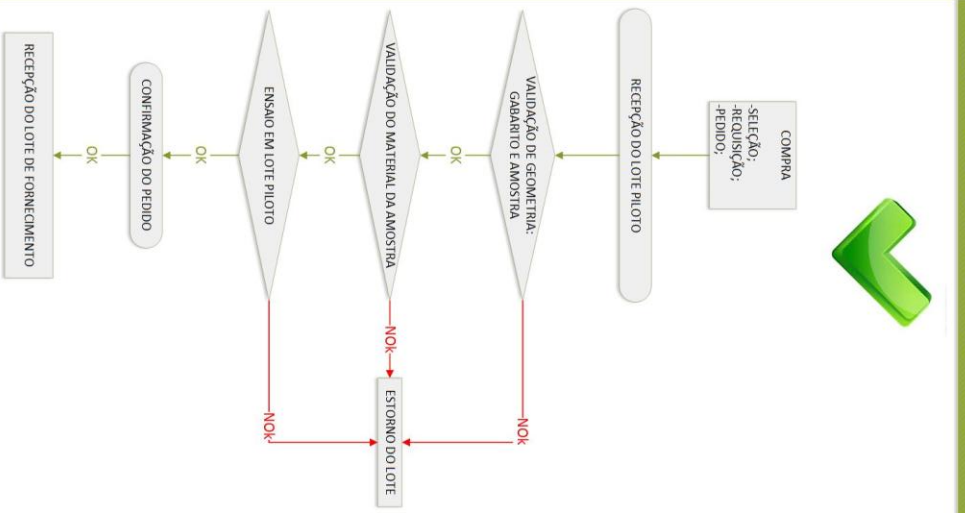
## VALIDAÇÃO DA CONCEÇÃO



## REQUISITOS DE TÉCNICOS



## VALIDAÇÃO DO FORNECIMENTO



## MONITORAMENTO

