VOL.39 Nº4 2022
https://doi.org/10.2247\IMECTA.9487.pt

A influência do estado de maturação de componentes na sua aprovação em projetos de novos produtos na indústria de automóveis

João Paulo Dourado[a] Rui Silva[b]

[a]joaopaulo.santosdourado1968@gmail.com
[b]rgasilva@gmail.com

RESUMO: O foco do trabalho é na fase industrialização das peças de compra externa – elaboração das ferramentas, desenvolvimento e construção dos métodos de fabrico e controlos associados. O desenvolvimento da componente / peça é feito pela engenharia da organização: desenhos / ficheiros 3D CAD / normas. O setor de compras da organização seleciona fornecedores para o projeto – através do RFQ / Pedido de Orçamentação. Atraso na maturação do componente (desvios a especificação) e / ou atraso no fornecimento pode resultar em atrasos a jusante, afetando organização e cliente. Também há problemas na performance do componente / produto. A literatura que trata da fase de industrialização é muito escassa não existindo registros de uma fase de industrialização sem sucesso, ou de casos de sucesso, para possível benchmarking entre organizações.

PALAVRAS-CHAVE: APQP. FMEA. DFMA. NPD. Engenharia Simultânea. Benchmark. Factibilidade. Quality Gates. Simulação. Rede de Petri.

ABSTRACT: The focus of the work is on the industrialization phase of externally purchased parts – tooling, development and construction of manufacturing methods and associated controls. The component/ part development is done by the engineering of the organization: drawings / 3D CAD files / standards. The organization's purchasing department selects suppliers for the project – through the RFQ / Request for Quotation. Delay in component maturation (deviations from specification) and / or delay in supply can result in downstream delays, affecting both organization and customer. Also, performance issues in components / products. The literature that deals with the industrialization phase is very scarce and there are no records of an unsuccessful industrialization phase, or cases of success, for possible benchmarking between organizations.

KEYWORDS: APQP. FMEA. DFMA. NPD. Concurrent Engineering. Benchmark. Feasibility. Quality Gates. Simulation. Petri net.

1. Introdução

A crescente pressão de inovação especialmente sobre os fabricantes de automóveis leva a uma diversidade de modelos e variantes de componentes significativamente maior, enquanto que os ciclos de desenvolvimento diminuem. Consequentemente, o número de ramp-ups de séries sucessivas também aumenta, o que acarreta desafios técnicos e econômicos para os fabricantes de automóveis. Estes enfrentam modificações tardias ou frequentes de produtos e processos de produção durante o ramp-up da produção em série, o que prejudica o lançamento no mercado em tempo útil e causa perdas financeiras. Para minimizar isso é necessário antecipar as modificações de engenharia com base no conhecimento da elaboração do produto e por meio de um monitoramento mais focado. Com isso, o risco de projeto chegar a fase de SOP sem ter o nível de maturidade necessário será reduzido. Este conhecimento adquirido será usado para garantir um nível de maturidade adequado nas gerações seguintes de produtos [1].

A qualidade do produto final não depende mais apenas do seu fabricante, mas também do resultado da qualidade de seus componentes fornecidos por inúmeros subcontratados. Na indústria automotiva, uma considerável complexidade na estrutura do produto combinada com um alto ritmo de implementação dos processos de fabricação criaram uma estreita especialização dos fornecedores [2].

É importante entender o papel dos fornecedores /

subcontratados no contexto. No processo NPD, toda a pesquisa e desenvolvimento é feito na organização, tendo como saída desenhos, normas e especificações de produtos finais e peças individuais. Para os componentes individuais que é decidido ter terceirização. Todos os fornecedores liberados adequados para o tipo de peças consideradas são contatados para fornecê-las. Durante a fase de nomeação (sourcing), todos os fornecedores envolvidos verificam a documentação disponível para confirmar a viabilidade de fabricação dos respectivos componentes.

Uma vez que os fornecedores dos componentes individuais são escolhidos para o projeto, é iniciado o processo de desenvolvimento do processo de fabricação em cada um deles. A organização recebe amostras das partes individuais enquanto a fase de maturação do projeto ocorre dentro da cadeia de suprimentos de acordo com os marcos acordados entre as partes no início do projeto. Cada nova amostragem representa um estado de maturação diferente de cada parte envolvida. A organização usa essas peças para construir produtos e realizar os testes necessários para a aceitação do produto no mercado. Quando suficientemente amadurecidos e todos os testes de validação apresentarem resultados positivos, é hora da aprovação final do status das peças e dos processos de fabricação envolvidos. Em seguida, acontece o início da produção em série (Start of Production / SOP) em todos os fornecedores envolvidos. O SOP na organização ocorre posteriormente e, consequentemente, a introdução do produto no mercado.

2. Revisão De Literatura

A literatura que trata da fase de industrialização dos componentes num novo desenvolvimento é muito escassa, não existindo registos de como estes correm, para benchmarking entre organizações. Muitas são as sistemáticas usadas no processo de desenvolvimento de novos produtos (NPD) como a engenharia simultânea (CE), com várias metodologias associadas (QFD; DFM; DFA; outros) a fim de se ter maior conhecimento tanto a nível das expectativas do mercado, como do processo manufatura. A nível de planeamento, gestão e monitorização tem-se o Planeamento Avançado da Qualidade do Produto (APQP) juntamente com os Quality Gates. Além disso, é importante saber avaliar se as ferramentas são bem aplicadas / utilizadas. Por exemplo, existem projetos que acabaram com atrasos e estouros de custos, onde as quality gates do projeto não foram conduzidas adequadamente no momento certo do projeto. Portanto, o resultado do projeto não pode ser previsto com clareza a fim de implementar ações corretivas [3].

A fase de desenvolvimento de novo produto (New Product Development / NPD) demanda novas soluções para apresentar produtos mais elaborados e, objetivamente, mais baratos. Para isso, os produtos devem ser lançados cada vez mais rápido e com qualidade adequada à estrutura da área de manufatura enxuta (lean). Como resultado, as empresas estão utilizando uma nova estrutura organizacional para seus processos de desenvolvimento de novos produtos que, diferentemente da forma tradicional, é baseada em uma abordagem integrada relacionada à engenharia simultânea (Concurrent Engineering / CE) onde todas as atividades de trabalho envolvidas possíveis são executadas em paralelo e com todas as conexões necessárias entre as atividades dos diferentes departamentos estabelecidas. O objetivo é evitar contratempos contínuos e outros problemas que surgem com a abordagem tradicional de "etapas sequenciais" e, com isso, melhorando o desempenho do NPD – por engenharia simultânea. Com o CE, a organização tenta acelerar o processo, aumentando a sua flexibilidade, adotando uma abordagem mais estratégica na resolução de problemas através do trabalho em equipe, desenvolvendo diferentes habilidades e melhorando a comunicação interna. CE refere-se a trazer engenheiros de projeto e produção no início da fase de projeto e simultaneamente desenvolver o produto e o processo de fabricação do produto, isto é, o conceito básico de CE refere-se a tirar o processo de projeto de produto do mundo isolado dos engenheiros de projeto e incorporar outros requisitos

funcionais que tenham, ou deveriam ter, influência no projeto. Com isso, é esperado que a aplicação da CE no processo NPD levará ao desenvolvimento de um produto melhor, mais fácil, mais barato e concluído em menos tempo [4].

A análise Design for Manufacture and Assembly (DFMA) considera a análise do produto quando este é desmontado e montado novamente, avaliando o tempo e os custos de movimentação e junção de componentes. A metodologia DFM refere-se à simplificação da fabricação do produto, enquanto a metodologia DFA tem o seu foco na simplificação do produto, bem como, redução de custos. O DFM é usado para avaliar a viabilidade da industrialização do produto ao tratar de todas as questões relacionadas (por exemplo, seleção de materiais e máquinas / ferramentas, métodos de fabrico, planeamento de processos, montagem, testes de controle de qualidade, e outros) para o desenvolvimento do produto a fim de garantir que as características do projeto possam ser fabricadas o mais facilmente possível. O DFA endereça a qualidade de montagem em grande parte através da simplificação da estrutura do produto e na redução do número total de peças em um produto [5] [6] [7].

Observa-se que a maioria dos procedimentos e das metodologias apresentadas na revisão bibliográfica estão focados a montante do processo de industrialização, embora a análise de factibilidade ainda na fase de cotação; o APQP como o*s Quality Gates (QG) e* o envolvimento antecipado dos fornecedores sejam relevantes.

O Planeamento Avançado da Qualidade do Produto (*Advanced Product Quality Planning / APQP)* é uma das ferramentas sistema de gestão da qualidade exigido pela norma ISO/TS 16949 utilizada nas indústrias automotivas. A metodologia considera cinco etapas: planejamento, concepção do sistema de gestão, definição dos métodos de controle e aprovação do sistema de gestão, análise crítica e melhorias. A aplicação desta metodologia permite a identificação, a análise e o controle de riscos. Atualmente o APQP é um requisito obrigatório para a entrega de produtos às empresas da cadeia automotiva, pois funciona como um guia no processo de desenvolvimento e, também, um padrão para análise de resultados entre fornecedores e organização [8]. O processo APQP está definido no manual APQP da AIAG *(Automotive Industry Action Group),* uma associação sem fins lucrativos da indústria automotiva fundada em 1982.

Algumas vantagens podem ser obtidas com a utilização do APQP, dentre as quais se destacam a identificação precoce das mudanças necessárias no produto e processo e o desenvolvimento do produto dentro do prazo, com menor custo e com atenção aos requisitos do cliente. O primeiro passo no planejamento da qualidade do produto para a indústria de automóveis é a escolha de um responsável pelo projeto APQP seguido de uma equipe multifuncional composta por representantes da produção, engenharia, qualidade, logística, recursos humanos, saúde e segurança, segurança de ativos, vendas, compras, assistência pós-venda, também fornecedores e clientes, se for o caso. Uma equipe multifuncional do APQP, na fase inicial do programa, deve se reunir para definir: (a) os papéis e responsabilidades de cada processo representado; (b) um cronograma para as cinco etapas do processo de APQP; (c) os custos que devem ser considerados. Recomenda-se que a equipe do APQP considere a aplicação da "engenharia concorrente" para acelerar o projeto, as atividades devem ser realizadas simultaneamente, para evitar atrasos desnecessários. Durante a implementação do projeto, a equipe enfrentará problemas. É responsabilidade da equipe do APQP estabelecer uma abordagem disciplinada para a resolução de problemas – por exemplo: benchmarks, PDCA *(Plan, Do, Check, Act),* diagrama de causa e efeito, fluxograma de processos, FMEA *(Failure Mode and Effects Analysis)* e registro os problemas [4].

Benchmarking [9] é a busca por melhores práticas que conduzam uma empresa para maximizar o desempenho do negócio. É também o processo contínuo de medição de produtos, serviços e práticas em relação aos mais fortes concorrentes ou empresas reconhecidas como líderes em suas indústrias. A aferição leva à compreensão da posição de um concor-

rente, mas não para a criação de práticas para além das da concorrência, estas somente serão alcançadas.

A Análise de modo e efeitos de falha *(Failure Mode and Effects Analysis* / FMEA) é um método para detectar possíveis falhas do produto tão cedo quanto possível no processo de desenvolvimento. Isso possibilita melhoria na qualidade dos produtos com consequente diminuição de reclamações dos clientes e minimização de custos relacionados a essas reclamações [10]. Foi iniciado na década de 1940 pelos militares dos Estados Unidos da América e é uma abordagem passo a passo para identificar todas as possíveis falhas em um projeto, um processo de fabricação ou montagem, ou um produto ou serviço. "Modos de falha" significa as formas, ou modos, em que algo pode falhar. Falhas são quaisquer erros ou defeitos, especialmente aqueles que afetam o cliente, e podem ser potenciais ou reais. "Análise de efeitos" refere-se ao estudo das consequências dessas falhas. As falhas são priorizadas de acordo com a gravidade de suas consequências, a frequência com que ocorrem e a facilidade com que podem ser detectadas. O objetivo do FMEA é tomar ações para eliminar ou reduzir falhas, começando pelas de maior prioridade. Os modos de falha e a análise de efeitos também documentam o conhecimento e as ações atuais sobre os riscos de falhas, para uso na melhoria contínua. O FMEA é usado durante o projeto para evitar falhas. Mais tarde, é usado para controle, antes e durante a operação contínua do processo. Idealmente, o FMEA começa durante os primeiros estágios conceituais do projeto e continua ao longo da vida útil do produto ou serviço.

Os Quality Gates foram inicialmente aplicados aos processos de desenvolvimento de produtos, especialmente ao controle de qualidade na indústria automotiva. Desde então, o Quality Gates tem sido aplicado de forma mais ampla à garantia de qualidade e gerenciamento de projetos e tem sido aplicado com sucesso como um mecanismo de garantia de qualidade em vários setores [11]. O procedimento Quality Gate resulta em uma decisão de aprovação / reprovação para avançar, com base em um conjunto de critérios de saída pré-determinados para cada fase ou marco que está sendo verificado. No entanto, os critérios de Quality Gates também podem incluir o sucesso de outros Quality Gates de forma que os Quality Gates possam ser interconectados entre si [4]. Os Quality Gates também podem servir como um ponto de sincronização dos resultados do processo e os critérios de entrada e saída devem ser atendidos antes que o produto possa continuar ao longo do processo. Os Quality Gates ajudam a dividir os requisitos gerais do resultado final do processo em submetas para as etapas do processo único e a esclarecer as dependências internas da cadeia do processo. Além disso, o Quality Gates não precisa ser executado apenas em série, podendo ser executado em paralelo também. Ou seja, diferentes subprocessos são executados independentemente, mas em algum ponto são filtrados juntos, pois os produtos de uma fase são usados como entradas para a próxima fase [4].

Quando incorporado ao APQP, os quality gates são realizados ao fim de cada fase do APQP , formalizando a passagem de uma fase do APQP para outra. Essa sistemática combinada pode atuar tanto a nível da organização como a nível dos fornecedores,

Sobre o envolvimento antecipado dos fornecedores (*Early Supplier Involvement* / ESI) temos o contributo de Eisto e seus colegas [12] que apresentam seu ponto de vista sobre os níveis de colaboração entre organização / fornecedor. Começando com o "Nível de Entrega do Pedido" (Nível I) no qual uma organização contrata um fornecedor quando o projeto está pronto. O primeiro contato geralmente é um pedido de cotação com o projeto da peça e os componentes relacionados normalmente são congelados. Apenas pequenas alterações são possíveis, por exemplo: ajustar a espessura da parede ou adicionar alguns detalhes para facilitar a manufatura de peças – em caso de peças fundidas. A organização envia solicitação de cotação para vários fornecedores e compara as cotações para decisão final do fornecedor escolhido. O cliente fornece apenas um desenho e uma data de entrega da peça aos fornecedores. O ESI realmente não é utilizado neste nível de colaboração [12].

Agora, o "Nível Cooperativo" (Nível II) refere-se que os processos da organização e dos fornecedores estão parcialmente sobrepostos onde todos os participantes cooperam no design. Os fornecedores têm a chance de comentar e avaliar o design da peça antes que ela seja congelada. Isso permite alterações no design das peças que facilitam o processo de fabricação. Os contratos tornam-se mais importantes a este nível uma vez que os fornecedores estão agora a melhorar o desenho dos componentes da organização e a utilizar recursos próprios para esta melhoria [12].

Considerando o "Nível de Parceria" (Nivel III), os fornecedores são escolhidos no início de um projeto e os processos são totalmente sobrepostos. Isso permite focar a expertise de cada fornecedor no projeto da organização no momento adequado [12].

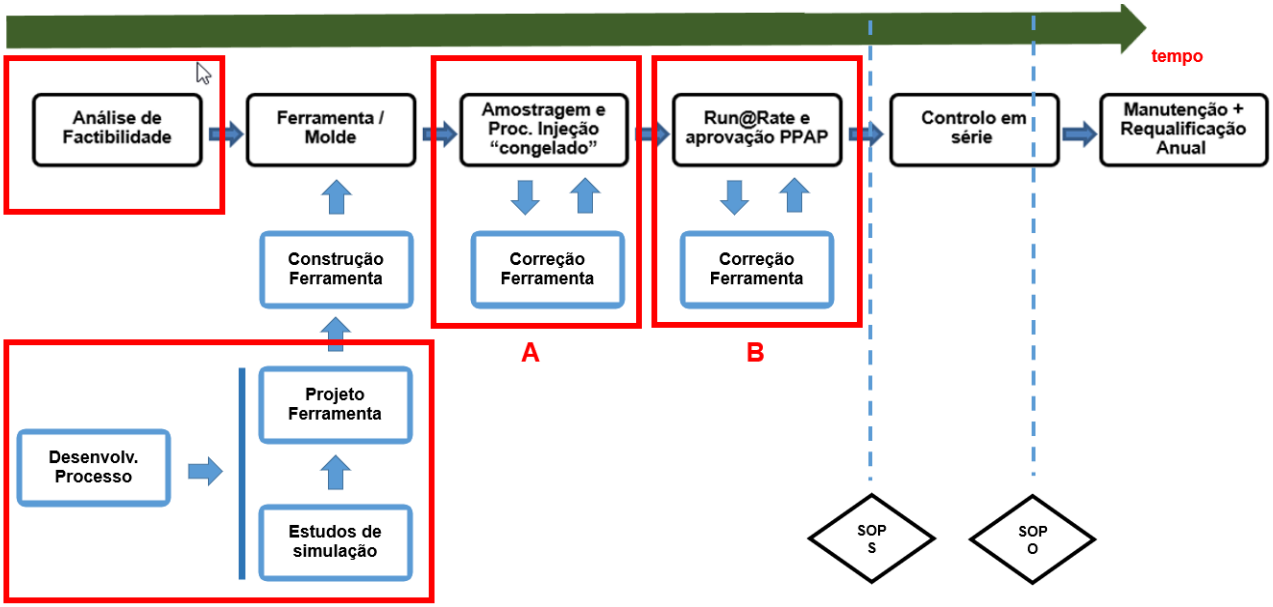
Este nível é adequado para peças complexas e/ou que tenham um papel importante no produto final. Em vez de escolher a cotação mais baixa, os parceiros desenvolvem novas soluções de valor agregado em colaboração. Ao inventar novas soluções, as oportunidades de redução de custos e tempo são muito maiores no longo prazo de fabricação do que pela concorrência de preços, considerando também a otimização do produto e da cadeia produtiva [12].

Existem outros desafios para um "envolvimento antecipado dos fornecedores" bem-sucedido. O princípio principal de um ESI eficaz refere-se a ter uma especificação detalhada e abrangente disponível nas fases iniciais do projeto [13], porque ajuda (1) conhecer os meios exatos necessários (equipamentos e recursos humanos) que serão necessários e (2) permitir um estudo de factibilidade.

Outro ponto está relacionado à validação do projeto da ferramenta. Deixar o projeto da ferramenta nas mãos do fornecedor sem nenhuma verificação por parte da organização, é arriscado, principalmente quando todo o processo se baseia no conhecimento do fornecedor escolhido para a peça – pela tipologia da peça / tipo de material – sem qualquer análise de factibilidade mais robusta, aplicando softwares de simulação mais adequados [13].

A vantagem das simulações – que é um exemplo de abordagem colaborativa entre organização e fornecedores – é tentar obter um melhor entendimento dos possíveis resultados do enchimento de peças (defeitos e localizações) através da interpretação dos

Fig. 1 – Modelação: Processo de injeção plástica – Framework de Simulação



resultados da simulação. Casos de turbulência excessiva, aprisionamento de ar/gás e/ou solidificação precoce (não planejada) durante o enchimento podem comprometer a qualidade do componente como a performance do produto final. Com isso pode-se sugerir modificações no projeto da peça ou no conceito do processo de manufatura / ferramenta. Isso será eficaz quando ocorrer numa fase inicial do projeto e as modificações forem permitidas antes do congelamento do status. Quando acontece após o congelamento do projeto, especialmente quando a peça é formalmente fornecida, as possibilidades de ajuste dos parâmetros do processo são limitadas e a oportunidade de melhorar a capacidade de fabricação é perdida. A estrutura de custos do produto pode ser facilmente definida quando ocorre no início do processo de desenvolvimento A outra situação refere-se a possíveis / futuras alterações de projeto, por exemplo: adicionar / remover geometrias ao design da peça existente. Isto altera os padrões de fluxo que podem originar outra panóplia de defeitos - defeitos de superfície / defeitos internos - que podem causar também uma redução das propriedades mecânicas, algumas vezes localizadas. Isso exige um redesenho do sistema de fabricação, com estudos prévios por simulações [12].

Em caso de alguma falha nas fases avançadas do projeto do produto pode representar atrasos e até mesmo falha do projeto. Não há tempo disponível para corrigir, modificar ou mesmo construir uma nova ferramenta [13].

Tomando como exemplo um componente mecânico feito de material plástico manufaturado através do processo de injeção adquirido a um fornecedor externo, é possível apresentar todo o processo de maturação do design do componente ainda na fase de simulação com o suporte do fornecedor. Isso demonstra a necessidade de alinhamento e sincronização entre organização e fornecedores [14].

Neste trabalho é apresentado um framework é um modelo de simulação ao estudo da maturação dos componentes e de resultados que demonstram a utilidade deste processo.

3. Framework Para Simulação

Para esse projeto de peça plástica por processo de injeção foi realizada uma simulação do processo de manufatura. Na **figura 1** é apresentado o fluxo de desenvolvimento do processo de manufatura no fornecedor. As etapas nas caixas “em vermelho” são as mais críticas. A análise de factibilidade e o desenvolvimento de processo de manufatura influenciam o conceito da ferramenta e, consequentemente, no número de intervenções de ferramenta para correção dimensional. As etapas relativas a intervenção de ferramenta para correção dimensional foram divididas em duas fases – fase A e fase B. Na fase A estão os loops de intervenção requeridos até termos uma peça dimensional aceitável para a produção em série e assim avançar para a fase de submissão de PPAP. Já na fase B, estão os loops de intervenção da ferramenta “extraordinários”, não expectáveis para a fase do projeto decorrentes de ensaios de confiabilidade realizados no produto final.

4. Modelo De Simulação e Resultados

Para fins de simulação, um modelo de sistema dinâmico de eventos discretos pode ser definido para esta análise, sendo composto de entidades, atividades e processos. Cada componente do sistema que requer uma representação explícita é uma entidade [15] [16]. O objetivo da simulação é reproduzir as atividades das entidades no modelo e tirar conclusões sobre o comportamento e desempenho do sistema [17] [16].

Esta classe inclui todas as ferramentas de simulação baseadas em formalismos matemáticos que modelam sistemas dinâmicos de eventos discretos como autômatos, redes de Petri, cadeias de Markov, e outros [18] [16].

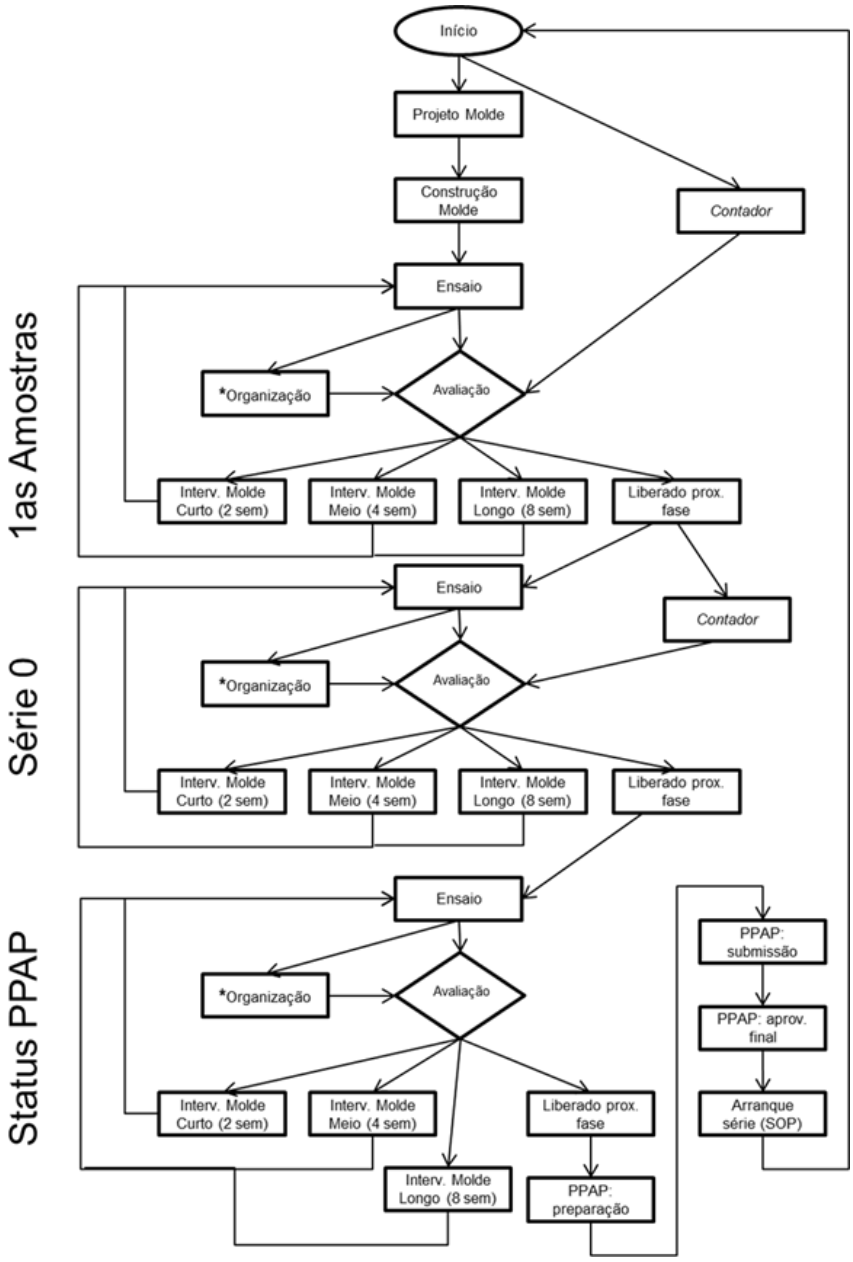
O aspecto teórico das redes de Petri permite a modelagem e análise precisa do comportamento do sistema, enquanto a representação gráfica das redes de Petri permite a visualização de mudanças no estado do sistema modelado [19].

O modelo de simulação para construção da rede de Petri é apresentado na **figura 2**. A modelação

apresentada na **figura 1** está adequada para os processos existentes na maioria das organizações – considerando as fases de 1as amostras, série 0 (ou série piloto) e finalização do processo de fabrico no fornecedor, chamado de status PPAP. As fases de 1as amostras e série 0 correspondem a fase A da **figura 1**, enquanto que o status PPAP corresponde a fase B. No modelo da **figura 2**, tem-se considerado o ciclo de intervenções de ferramenta para cada fase, com opções de duração do mesmo dependendo da complexidade da intervenção.

Voltando ao nosso projeto de uma peça plástica por injeção: um projeto de uma peça plástica por injeção de termoplásticos, com dimensões de 160 X 298 X 25mm e com furos. A ferramenta será de uma cavidade; tamanho de 1100 X 1200 X 850 mm, considerando elementos móveis. Além disso, a ferramenta terá 3 placas, canal quente e injeção submarina. O projeto da ferramenta a ser desenvolvido considerará a utilização de uma injetora

Fig. 2 – Modelo para simulação



com 400 toneladas (força de fechamento) e levará até 4 semanas, contando com a aprovação do cliente. O tempo necessário para a construção seria de 16 semanas para o primeiro ensaio. As intervenções para correção dimensional estão classificados em: (a) Intervenções simples – até 2 semanas, consistindo na eliminação de rebarbas, ajuste de folgas (visuais / funcionais) e correção de desvios dimensionais até 0,2mm; (b) Intervenções de média complexidade – até 4 semanas, consistindo em mudanças de design com soldagem na bucha ou cavidade (com fabricação de novos eletrodos) e troca de insertos, corrediças, balancins e (c) Intervenções complexas – entre 8 e 10 semanas, consistindo na construção de nova cavidade e / ou bucha.

As condições ideais consideradas pela maioria dos fornecedores deste tipo de tecnologia na sua orçamentação são as seguintes: 2 a 3 intervenções simples "2 semanas", com, no máximo 1 intervenção de média complexidade "4 semanas". Nas 121 simulações realizadas na Rede de Petri obteve-se os seguintes resultados em termos de quantidade de intervenções: (a) 1as amostras: Foram precisas de 8 a 9 intervenções, simples / médias / complexas; (b) Série 0: Foram precisas de 8 a 9 intervenções, simples / médias / complexas; (c) Fase PPAP: Foram precisas 4 intervenções – no máximo, 1 intervenção média / 4 semanas.

Em termos de duração de cada fase do projeto temos as seguintes figuras: (d) as amostras: 28 a 36 semanas; (e) Série 0: 28 a 36 semanas; (f) Status PPAP: 1 a 15 semanas e (g) Simulação completa: 77 a 107 semanas. Tendo como base de comparação que nas condições ideais a duração total do projeto seria de 30 semanas, este acréscimo entre 47 e 77 semanas é muito gravoso para os prazos acordados com os clientes culminando em atrasos no arranque da produção em série a jusante do fornecedor – afetando organização e cliente final.

5. Conclusões

Observa-se que a maioria das metodologias avaliadas na revisão bibliográfica não focam na análise de factibilidade e nos estudos de simulação.

Um ponto importante: se uma peça não estiver OK na análise de factibilidade e nos estudos de simulação, com certeza não ficará OK perto do SOP. Uma análise de factibilidade deficiente resulta em peças "reais" fora de especificação". O mesmo se verifica com os pontos NOK não tratados dos estudos de simulação. A correção dimensional em peças "reais" resulta num enorme esforço, resultando em inúmeras intervenções "longas" e "complexas", cujo resultados obtidos não são "tão eficientes" caso fosse ainda tratados no projeto da ferramenta já preparado para intervenções "complexas" (como o "*safety steel*").

Adicionalmente, devido à duração total do projeto observada em cada uma das simulações realizadas, é importante ter em mente que o projeto provavelmente terá o início da produção em série com as peças ainda não atingindo a maturidade máxima da peça / componente e do processo de fabricação. Com isso, a organização estará utilizando peças com diferentes status de projeto – com seus fornecedores ainda a trabalhar na fase de série piloto ou pré-PPAP.

Isso pode causar problemas tanto para o fornecedor quanto para a organização. O fornecedor ainda tem sua equipe de engenharia para tratar da peça até que tenha o PPAP final aprovado, gerenciar os níveis de engenharia/projeto da peça a ser enviada para a organização a fim de evitar qualquer mistura de status diferentes de peças diferentes. Isto poderá acarretar risco e por isso deverá ser acautelado pela organização para não afetar a performance do produto a ser entregue.

Por isso é importante definir a estratégia de como os pontos NOK serão tratados no decorrer do projeto.

A maior participação dos fornecedores no desenvolvimento do design (por exemplo: DFMA) utilizando as ferramentas de simulação apropriadas, ajuda aumentar a sua factibilidade e a robustez do processo de fabrico.

Por último, o APQP e Quality Gates deverão focar-se mais nos fornecedores, assim como os Quality Gates na organização que deverão questionar a maturação, monitorando a evolução da maturação do componente nos fornecedores.

Referências

[1] Rapp, S., Heinicke, J., Weber, J., & Albers, A. (2020) Development of strategic guidelines for agile Parts Maturity Management of engine subsystems in the automotive industry during series ramp-up. DS 101: Proceedings of NordDesign 2020, Lyngby, Denmark, 12th-14th August 2020, 1-12

[2] Rewilak, J. And Tokaj, T. (2012) Measurement of effectiveness of new products implementation process according to APQP/PPAP requirements – Proposition of indices, Management and Production Engineering Review, Vol. 3, Issue 4, pp. 69-79, Dec. 2012, doi: 10.2478/v10270-012-0035-8

[3] Taniguch, A., & Onosato M. (2017). Use of Project Management Information System to Initiate the Quality Gate Process for ERP Implementation. International Journal of Information Technology and Computer Science, 9 (12), 1-10, DOI: 10.5815/ijitcs.2017.12.01

[4] Dourado, J., Silva, R. And Silva, A. (2013) Development of new products using APQP and quality gate. International Journal of Engineering and Industrial Management Vol.5 2013 – pp. 79-91. Universidade Lusíada

[5] Kwon, Y., Rauniar, S., Chiou, R., & Sosa, H. (2006). Remote Control of Quality Using Ethernet Vision and Web-enabled Robotic System. Concurrent Engineering: Research and Applications, 14 (1), 35-42, DOI: 10.1177/1063293X06063840.

[6] Raheja, S., Verma, S., & Parvez, M. (2011). Concurrent Engineering for Process Improvement of Product. International Journal of Computer Science & Management Studies, 11 (02), 110-113.

[7] Estorilio, C., Simião, M., Schonoski, C., & de Lara, M. (2008). Estudo de redução de custo de fabricação e montagem em um motor a diesel com o auxílio do DFMA. Produto & Produção, 9 (3), 05-14, DOI: 10.22456/1983-8026.3260.

[8] Benincá, Sellitto, M. A. (2010). Uso do APQP na implantação de um sistema de gestão de saúde e segurança ocupacional – SGSSO. Revista Liberato, 11 (16), 89-188, Novo Hamburgo.

[9] Abdalla, H. (1999). Concurrent engineering for global manufacturing. International Journal of Production Economics, 60-61, 251-260, DOI: 10.1016/S0925-5273(98)00152-2.

[10] Posso, R., & Estorilio, C. (2009). Identificação dos Fatores de Influência na Aplicação do Método Failure Mode and Effect Analysis - FMEA de Processo: um estudo em produtos estampados. Produto & Produção, 10 (2), 87 - 107.

[11] Ambartsoumian, V., Dhaliwal, J., Lee, E., Meservy, T., & Zhang, C. (2011). Implementing quality gates throughout the enterprise IT production process. Journal of Information Technology Management, 22 (1), 28-38.

[12] Eisto, T., Hölttä, V., Mahlamäki, K., Kollanus, J., & Nieminen, M. (2010). Early Supplier Involvement in New Product Development: A Casting-Network Collaboration Model. World Academy of Science, Engineering and Technology 38, 856-866.

[13] Dourado, J., Silva, R. And Silva, A. (2011) Concurrent Engineering: An Overview Regarding Major Features and Tools. Business Excellence, Vol.5 No.2 December 2011 – pp. 67-82. Poslovna Izvrsnost Zagreb, God. V (2011) BR. 1

[14] Kranabitl, P., Bajzek, M., Atzwanger, M., Schenk, D., & Hick, H. (2020). Automotive Powertrain Development Process. Systems Engineering for Automotive Powertrain Development, 1-20.

[15] Pidd, M. (1994). An introduction to computer simulation. Proceedings of Winter Simulation Conference Florida USA, 7-14, DOI: 10.1109/WSC.1994.717064

[16] Prado, R. P., & Villani, E. (2010). Discrete Event Simulation Applied to Aircraft Development Cycle. Brazilian Journal of Operations & Production Management, (2),131-152.

[17] Lima, J. C. C. O. Pinto, M. A. C., Migon, M. N, Montoro, G. C. F. Alves, M. F. (2005). A Cadeia Aeronáutica Brasileira e o Desafio da Inovação. Revista BNDES Setorial, 21, 31-55.

[18] Ho, Y. C. (1987). Basic research, manufacturing automation, and putting the cart before the horse. IEEE Transactions on Automatic Control, AC-32 (12), 1042-1043, DOI: 10.1109/TAC.1987.1104502

[19] Wang, J. (2007b). Petri nets for Dynamic Event-Driven System Modeling. In: Handbook of Dynamic System Modeling, Chapter 24, 24.1-24.17, Chapman & Hall/CRC, Taylor & Francis Group, Boca Raton, DOI: 10.1201/9781420010855.ch24