

# PLANEJAMENTO VIRTUAL DO PPAP

Adilson Calmon Dutra, AutoForm

A aprovação do processo de PPAP é hoje um dos principais desafios que as montadoras e autopeças enfrentam. Essa aprovação libera a certificação do fornecedor que pode então, iniciar a produção em série da peça e/ou conjunto em que está atuando.

O PPAP é um procedimento feito durante o desenvolvimento do processo de manufatura da peça/conjunto e em geral possui milestones de aprovação que exigem a existência de peças físicas para validação da capacidade do processo. Isso, portanto, exige que ferramentas e dispositivos já tenham sido construídos. O intuito desse artigo é demonstrar como através da simulação é possível obter amostras virtuais, conseguindo assim validar a capacidade do processo, por exemplo, antes mesmo de construir o ferramental, garantindo maior assertividade nas etapas futuras, quando as amostras físicas forem submetidas, adiantando a aprovação do PPAP.

A capacidade é definida pela capacidade de realizar uma ação ou de atender a um requisito específico. No contexto de produção, a capacidade do processo é a capacidade de gerar produtos dentro de uma faixa de tolerância especificada pelo cliente ou empresa.

Para avaliar a capacidade de um processo, são utilizados os índices de capacidade:  $C_p$  e  $C_{pk}$ :

$C_p$  -> Reflete a capacidade potencial do processo, analisando se a dispersão do histograma está dentro dos limites de tolerância especificados.

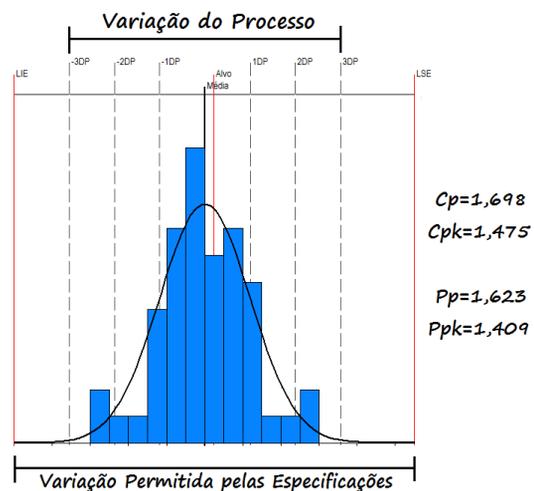


Figura 1 - Curva de Sino

$C_{pk}$  -> Reflete a capacidade atual do processo, comparando a distância entre o limite especificado e centro da curva de sino (Figura 1).

Processos de qualidade, como o PPAP e o APQP são ferramentas que foram desenvolvidas com o intuito de auxiliar montadoras e fornecedores a garantir a entrega de produtos estampados e conjuntos soldados dentro de suas tolerâncias.

O APQP é uma ferramenta de qualidade que possibilita o planejamento, desenvolvimento e controle do produto ao longo de toda a cadeia de desenvolvimento e produção. Outro objetivo do APQP é buscar atender a satisfação do cliente, entregando produtos conforme especificações descritas nas premissas do projeto. O diagrama abaixo, demonstra de forma macro o APQP e suas etapas (Figura 2).



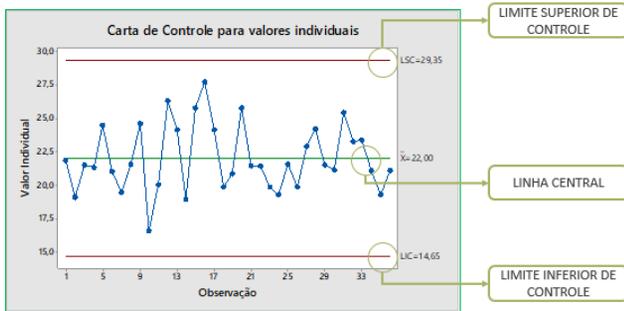


Figura 5 - Exemplos de Resultados CEP

Todos esses procedimentos ou manuais visam sempre entregar um trabalho com qualidade, eficiência e eficácia. Mas também não esquecendo do apelo visual do produto (automóvel, caminhão etc.), reduções de custos, ambicionando sempre ter um processo sustentável e neutralizando o máximo de CO2 possível.

É pensando exatamente na redução de custos e processo sustentável que a simulação pode ser uma ferramenta poderosa, entregando de maneira antecipada possíveis falhas no processo, permitindo os usuários a corrigi-las antes do produto físico, assim, reduzindo emissões e custos com peças rejeitadas. Ainda dentro do mundo virtual será possível o usuário calcular o Cp e Cpk do processo ajudando a antecipar a capacidade do processo e garantir estabilidade.

Existem hoje softwares de simulação que são capazes de auxiliar o preenchimento de documentos necessários para aprovação do PPAP. Conforme mostra a figura 6, é possível estabelecer um fluxo de processos para estamparia, linhas de solda e grafagem, em que o usuário define em quantas operações vai ser produzido a peça, o que será feito em cada operação e por último, define um sistema de medição para compensação geométrica do ferramental, se necessário.

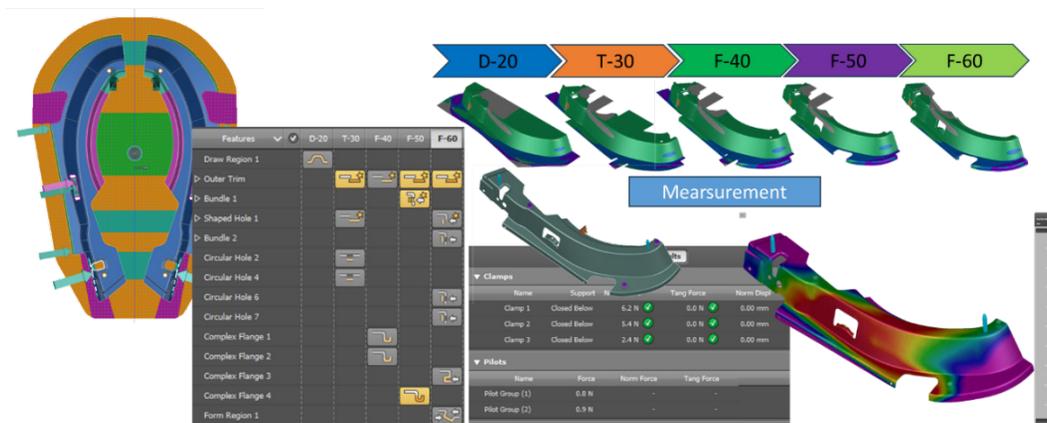


Figura 6 - Fluxo de Processo

Através da factibilidade do processo é possível verificar possíveis falhas encontradas no produto (DFMEA), por exemplo, se o produto apresentar um risco de ruptura na operação de repuxo, esse problema pode inviabilizar o processo, tendo como exemplo o produto da figura 7, o usuário pode decidir criar uma variação na geometria do quebra-rugas e posição do furo (PFMEA) para garantir o estira-

mento correto sem ultrapassar a Curva Limite de Conformação (CLC) do material.

Com isso podemos montar um plano de melhoria de processo para resolver essas possíveis falhas, sendo este plano a terceira solução que possibilita o usuário calcular através de uma simulação estocástica, isto é, múltiplas realizações dentro de uma única simulação.

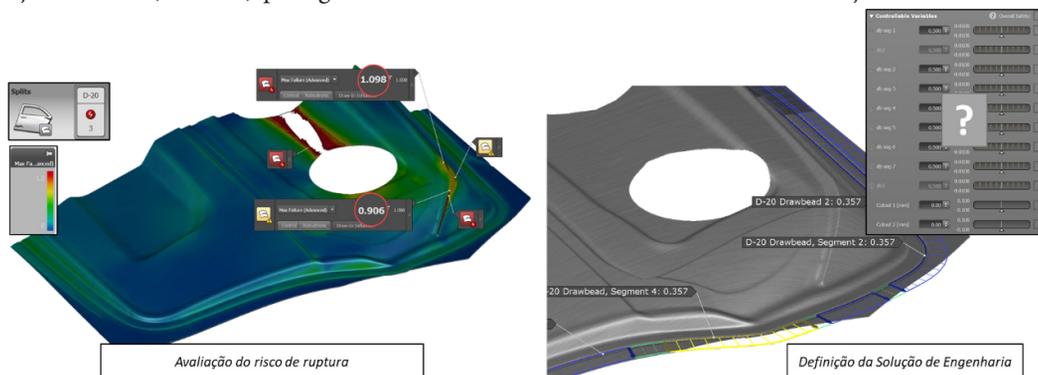


Figura 7 - Modificações de Variáveis do Processo Automática

Entre as diferentes simulações é possível avaliar diversos resultados a partir da variação de parâmetros estabelecidas pelo usuário. Tendo como solução uma nova restrição dos quebra-rugas (figura 8), que pode ser obtida,

por exemplo, alterando a sua altura, é possível visualizar o impacto na janela de processo e selecionar o melhor valor possível, que atenda a qualidade e a estabilidade do processo.

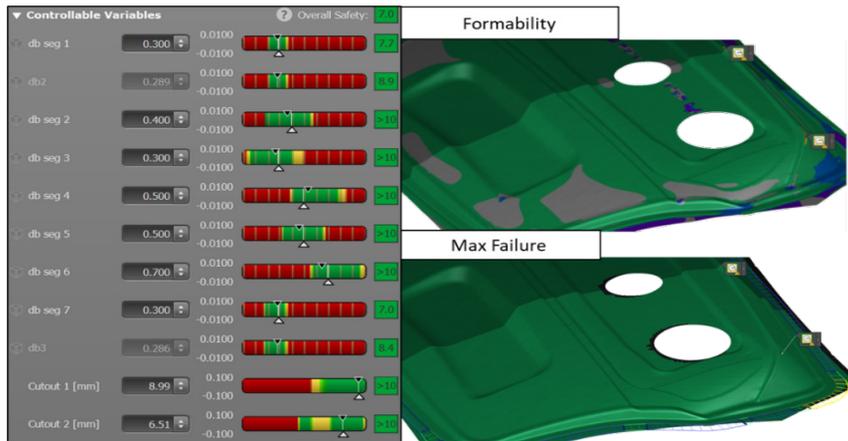


Figura 8 - Janela de Processo

Além dos resultados apresentados é possível verificar a capacidade do processo (Figura 9 - Cp e Cpk), entender

se o processo desejado vai conseguir absorver possíveis oscilações que podem ocorrer durante o try-out e produção.

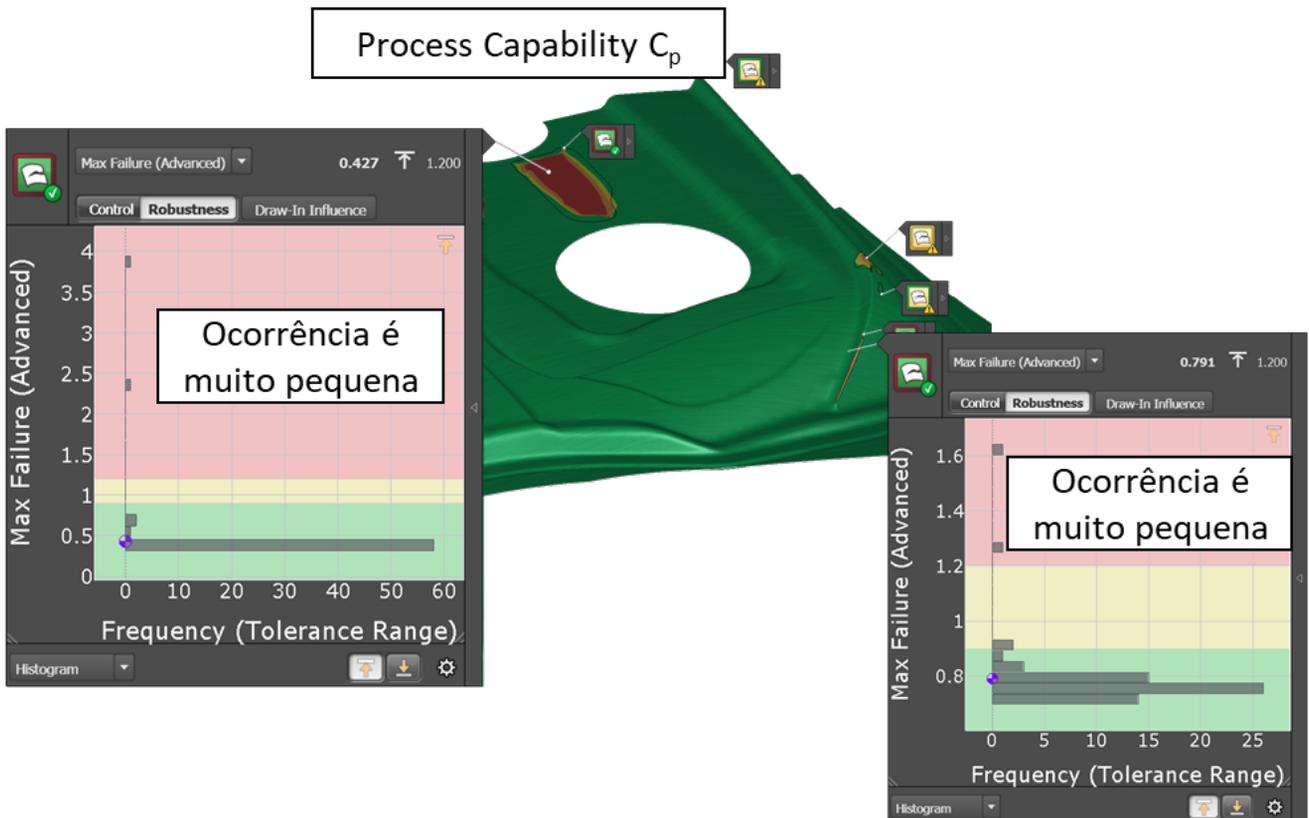


Figura 9 - Cp e Cpk

Quando se fala sobre plano de controle para a produção, é necessário criar um mapa de produção (figura 10) usando a simulação estocástica a fim de ter em mãos um plano de ação para reduzir as paradas não planejadas. Consiste em preparar uma simulação com variáveis como por exemplo pressão do prensa chapas (força), curso da ferramenta, lubrificação ou posição do blank, para caso aconteça um problema em uma região da peça durante a produção, seja possível identificar qual dessas variáveis mais influenciam para que o defeito seja corrigido.

**Preparação de dados de produção preditiva**

- Variação de força (binder, colunas de força, constante, variável ao longo do curso, etc.)
- Curso da Ferramenta.
- Lubrificação (uniforme, spot-like).
- .....

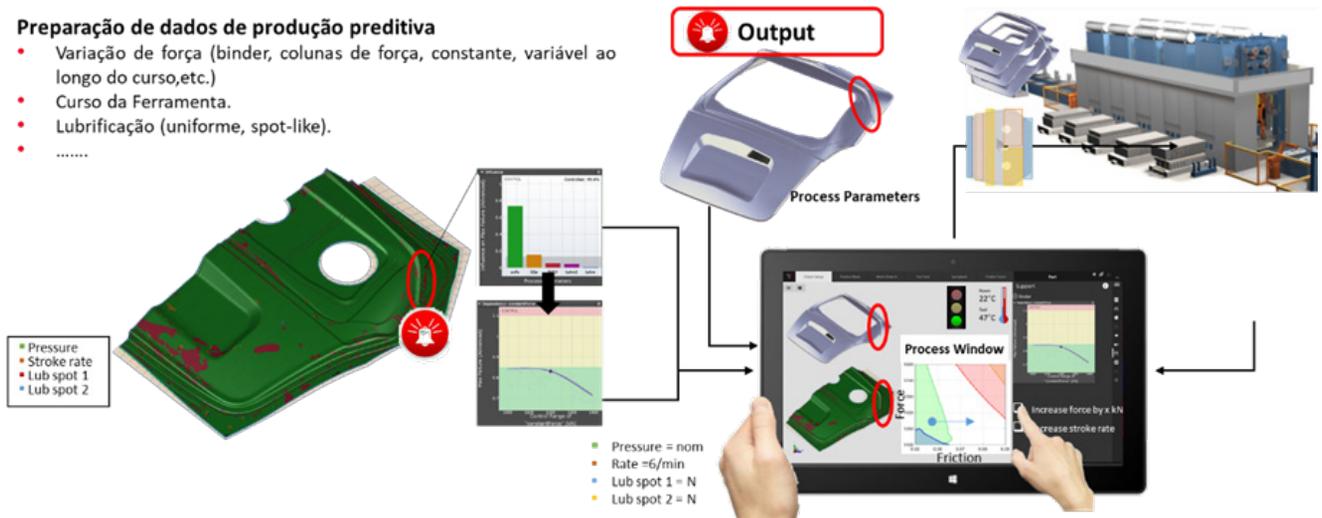


Figura 10 - Mapa de Produção

É importante ressaltar que para cada peça existe um GD&T, ou seja, tolerâncias específicas e que precisam ser controladas, normalmente as empresas buscam que pelo menos 90% da área da peça esteja dentro do range da tolerância dimensional, além de ter um  $C_p > 1,0$ . O exemplo da figura 11 não possui uma boa repetibilidade pois temos um valor de  $C_p$  abaixo do desejado. É possível perceber isso devido ao valor de desvio padrão apresentado no histograma, isto é, o valor de variação dos resultados é maior que a tolerância permitida.



Figura 11 - Cp Reprovado

Pode-se adotar o mesmo método de cálculo estocástico e variação das geometrias dos quebra-rugas mencionados anteriormente para conseguir diminuir a variação dos resultados, conseguindo alcançar um  $C_p > 1$  garantindo a repetibilidade do Processo.

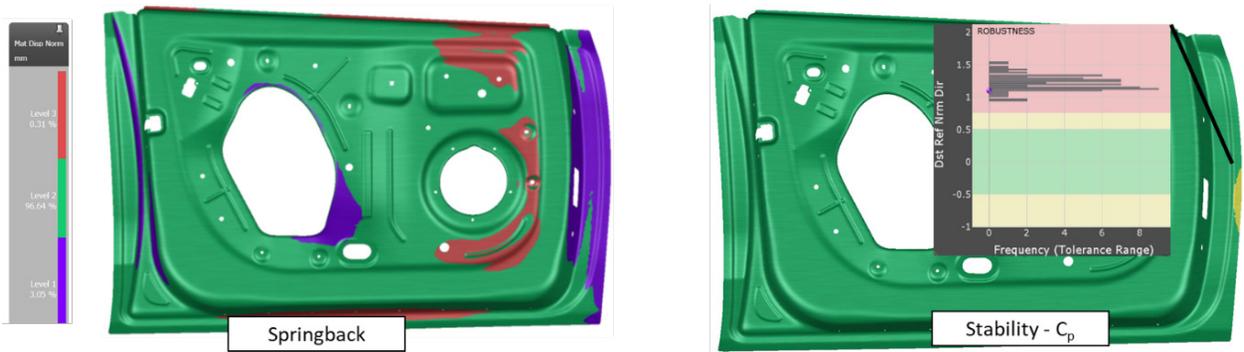


Figura 12 - Cp Aprovado

Com a repetibilidade garantida o próximo passo é colocar o produto dentro das tolerâncias de dimensional e garantir a capacidade do processo, apresentando um  $Cpk > 1,67$ , pois ainda se encontra no desenvolvimento (virtual). A seguir pode-se ver a tabela 1 que apresenta os índices de capacidade.

Índice de Capacidade				
Capaz?	$C_{pk}$	$\sigma$ - value	PPM	Fração [%]
Não Capaz	0,33	1	317311	31,7
	0,67	2	45500	4,55
Controlável - Atenção	1	3	2700	0,27
	1,3	3,9	96	0,0096
Capaz	1,33	4	63	0,0063
	1,67	5	0,57	$5,7 e^{-5}$
	2	6	0,002	$2 e^{-7}$

Tabela 1 - Índice de Capacidade

O histograma que se vê na figura 13, representa as variáveis de ruído que podem oscilar durante o processo de fabricação, possibilitando uma combinação de resultados diferentes, essas variáveis são: propriedades do material, espessura, lubrificação e posicionamento do blank. Com o resultado do CP estável pode-se partir para compensação geométrica do processo, isso é, deslocar possíveis resultados que estão fora dos limites especificados para dentro da tolerância desejada, alcançando a peça dentro do dimensional desejado.

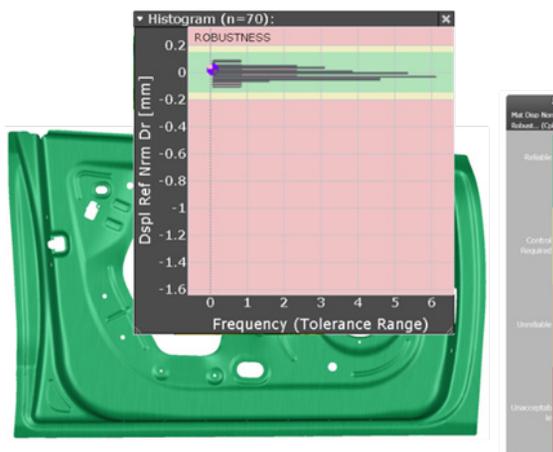


Figura 13 -  $Cpk > 1,67$

Para alcançar esse resultado centralizado foi aplicado no software uma estratégia de compensação das ferramentas,

aplicando a compensação direta e o assentamento da peça na operação seguinte para evitar remarcação de peças.

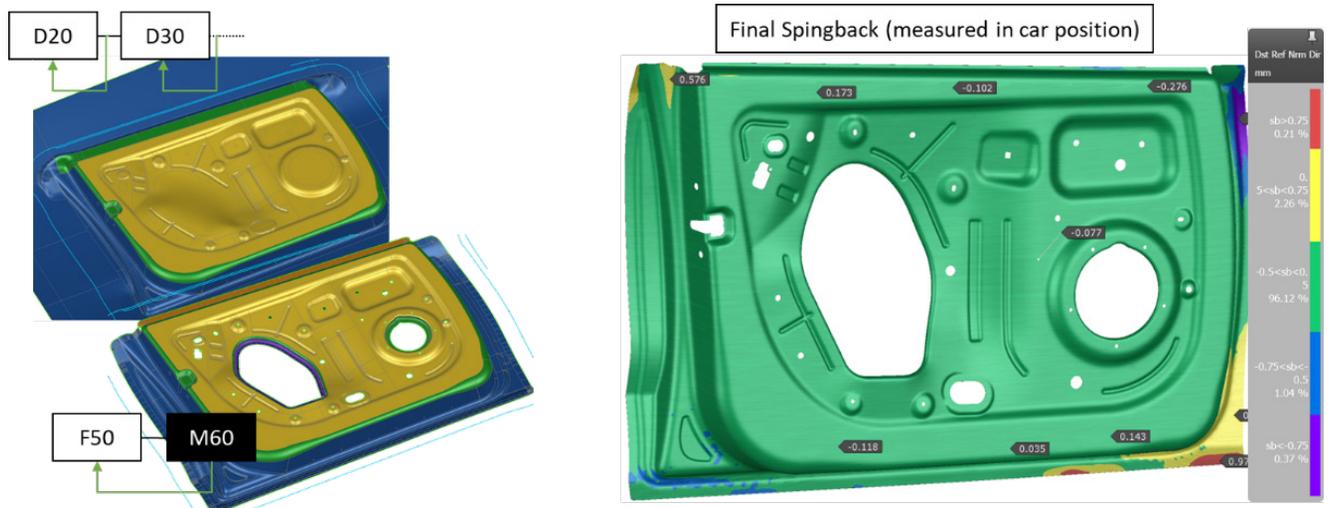


Figura 14 - Compensação do Ferramental e Resultado Dimensional

Com os resultados obtidos até o momento (figura 14), a documentação necessária pode ser preenchida, como por exemplo Tabela de Efeitos de Falhas e Níveis de Severidade, Matriz de Ocorrência, Matriz de Detecção, Plano de Controle, com auxílio de outros softwares pode-se gerar um relatório de Análise Dimensional, mostrando que o desenvolvimento está dentro das tolerâncias estabelecidas.

Para conseguir a emissão do Certificado PSW, muito tempo e recursos são consumidos, pois normalmente as primeiras amostras não possuem alto índice de capacidade, o que implica várias intervenções nos ferramentais físicos aumentando o tempo de submissão das amostras para análise de certificação. Virtualizando o processo podemos antecipar as possíveis falhas, atuando digitalmente no processo e aplicando modificações necessárias para garantir a repetibilidade do processo e qualidade da peça, tornando a obtenção do certificado PSW mais rápido.

A aplicação de ferramentas virtuais para auxiliar o PPAP pode trazer diversos benefícios e com isso ajudar a indústria automotiva vencer seus principais desafios. Em resumo, o PPAP virtual tem o potencial de melhorar a eficiência, reduzir custos e aumentar

a qualidade do processo de desenvolvimento e aprovação de peças na indústria automotiva e em outras indústrias que dependem de padrões rigorosos de qualidade e segurança.

**Adilson Calmon Dutra:** Engenheiro Mecânico formado pelo Instituto Mauá de Tecnologia, Pós-Graduado MBA em Business Analytics, com 7 anos de experiência em projetos de máquinas, projetos de produtos e análise CAE. Atualmente trabalha na AutoForm do Brasil como Engenheiro de Aplicação, onde atua na implementação do softwares nas empresas, auxiliando e treinando os usuários.