

Faculdade de Tecnologia de Sorocaba – “José Crespo Gonzales”
Curso Superior em Fabricação Mecânica

**DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DE UM PRENSA CHAPA ARTICULADO
COM SISTEMA DE ABSORÇÃO DE VARIAÇÃO DE PERFIL**

Autor: Santos, Luciano Ferreira dos ¹
Orientador: Freitas, Amilton Joaquim Cordeiro de ²

RESUMO: Este artigo apresenta um estudo sobre o Prensa Chapa Articulado (PCA – Articulated Sheet Metal Press), um dispositivo utilizado na fabricação mecânica para melhorar a eficiência da estampagem. Diferente das prensas rígidas, esse sistema utiliza molas para absorver variação de três a quatro décimos no perfil das peças. Garantindo maior precisão e qualidade na produção. O objetivo deste estudo é analisar seu funcionamento e suas vantagens em relação as prensas chapas convencionais. A metodologia inclui pesquisa teórica sobre os princípios mecânico envolvido e análise de aplicação práticas. Os resultados esperados indicam que a prensa chapa articulada pode reduzir a força de estampagem, contribuindo para processos produtivos mais eficientes.

Palavras-chave: prensa chapa articulada; estampagem; absorção de variação; fabricação mecânica; processo produtivo.

***Abstract.** The Articulated Sheet Metal Press (PCA) This paper presents a study on the articulated sheet metal press, a device used in mechanical manufacturing to improve stamping efficiency. Unlike rigid presses, this system uses springs to absorb variations of three to four tenths in the profile of the parts, ensuring greater precision and quality in production. The objective of this study is to analyze its operation and its advantages in relation to conventional sheet metal presses. The methodology includes theoretical research on the mechanical principles involved and analysis of practical applications. The expected results indicate that the articulated sheet metal press can reduce the stamping force, contributing to more efficient production processes.*

Keywords: articulated sheet metal press; stamping; variation absorption; mechanical manufacturing; production process

Junho/2025

¹ Santos; Luciano Ferreira Dos Santos. Graduando do Curso de Fabricação Mecânica – Faculdade de Tecnologia de Sorocaba “José Crespo Gonzales” – Sorocaba / SP – luciano.santos63@fatec.sp.gov.br

² Freitas; Amilton Joaquim Cordeiro. Professor do Curso de Fabricação Mecânica – Faculdade de Tecnologia de Sorocaba “José Crespo Gonzales” – Sorocaba / SP – amilton.freitas@fatec.sp.gov.br
Mestre em Ciencia e Engenharia de Materiais e Metalurgia.

1. INTRODUÇÃO

No setor da fabricação mecânica, a qualidade e a precisão das peças estampadas são fatores essenciais para a eficiência dos processos industriais. As prensas chapas convencionais, por serem rígidas, podem apresentar dificuldades ao lidar com pequenas variações no perfil das peças, o que pode comprometer a planicidade e a qualidade final do produto.

Diante desse cenário, foi abordado o desenvolvimento e a análise de uma prensa chapa articulada, que utiliza molas para absorver variações de três a quatro décimos no perfil da peça. Esse mecanismo permite uma adaptação mais eficiente às irregularidades do material, reduzindo esforços excessivos na estampagem e melhorando o controle dimensional das peças produzidas.

O objetivo deste estudo foi apresentar o funcionamento da prensa chapa articulada, destacando suas vantagens em relação às prensas chapas rígidas e analisando seu impacto na qualidade e eficiência do processo produtivo.

2. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste estudo sobre a prensa chapa articulada, foi utilizado uma abordagem baseada em pesquisa teórica e análise técnica do funcionamento desse tipo de prensa chapa. Inicialmente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, consultando livros, artigos e materiais técnicos sobre estampagem, (Manual Prático de Estampagem; Tecnologia da Estampagem de chapas metálicas) tipos de prensa e a aplicação de molas na compensação de variações do perfil das peças. Essa etapa permitiu compreender os fundamentos mecânicos e as vantagens do sistema articulado em relação às prensas rígidas. Além disso, foram aplicados cálculos mecânicos, considerando a força necessária para a estampagem, o dimensionamento das molas e a absorção de variações no perfil da peça. Essa análise técnica buscou validar a eficiência do sistema articulado no processo produtivo.

Por fim, a pesquisa inclui uma análise comparativa, na qual as características da prensa chapa articulada foram confrontadas com as das prensas chapas convencionais, destacando vantagens, desafios e possíveis melhorias no sistema.

Essa metodologia permitiu avaliar a relevância da prensa chapa articulada no contexto da fabricação mecânica, reforçando sua aplicação e benefícios para a indústria.

3. DESENVOLVIMENTO

A prensa é uma das mais antigas ferramentas utilizadas pelo homem para aplicar força com o objetivo de conformar, moldar ou compactar materiais. Sua origem remonta à antiguidade, com princípios básicos aplicados desde civilizações como a egípcia, grega e romana.

A prensa, como máquina para conformação de materiais, tem uma longa história que vem a muitos séculos. O conceito básico de prensa existe desde a antiguidade, com os romanos usando dispositivos para pressão em várias aplicações. No entanto, a prensa moderna, como a conhecemos hoje, começou a se desenvolver durante a revolução industrial. A Inglaterra foi um dos pioneiros nesse processo, com avanços significativos em máquinas e tecnologia.

As prensas têm uma longa história que remonta a antiguidade, quando eram usadas para prensar vários materiais. Como o avanço da tecnologia, durante a revolução industrial na Inglaterra, as prensas foram modernizadas para aplicações industriais, como a fabricação de peças metálicas. Elas se tornaram essenciais na produção em larga escala e continuaram a evoluir ao longo do século XX, especialmente após a segunda guerra mundial, com avanços em materiais e tecnologia. (KALPAKJIAN; SCHMID, 2010),(AMSTEAD, 1980).

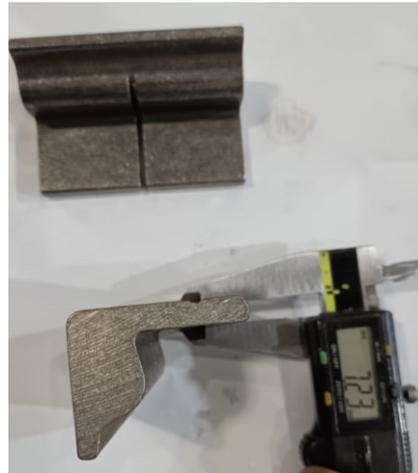
Com a construção da prensa chapa articulado buscamos alcançar eficácia na produção das peças no setor da usinagem para eliminar a produção de peças com planicidade fora do especificado. O objeto principal da construção da prensa chapa articulado é sanar por completo a variação do perfil que tem uma diferença de aproximadamente entre 0,20 a 0,40mm de variação na espessura do perfil da matéria prima. Já em relação aos prensa chapas convencionais, ele não consegue absorver as variações que a matéria prima contém, mesmo aumentando a pressão ou baixando a altura do martelo da prensa, todas as ferramentas de estampo tem os batentes mecânicos que limita uma determinada altura da placa intermediária em relação a matriz. Hoje, elas estão entre os principais equipamentos da indústria metalmeccânica, e sua adaptação aos novos desafios — como a variação dimensional das chapas — continua sendo essencial para a eficiência e qualidade dos processos, conforme figuras 01 e 02 a seguir.

Figura 01 Peça com espessura maior 7,62mm :



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

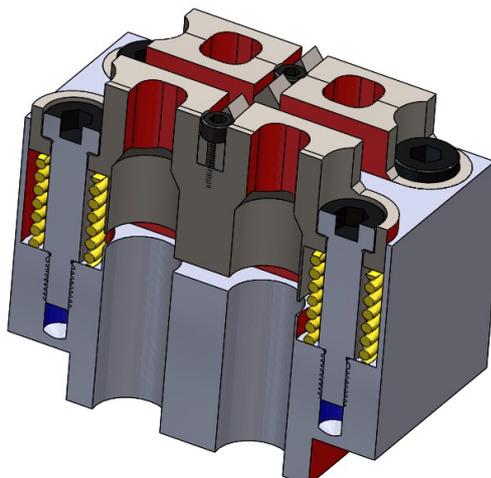
Figura 02 Peça com espessura menor 7,23mm:



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Estrutura do Sistema Articulado

Figura 03 Prensa chapa:



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

O sistema consiste em uma base fixa onde está instalada os pisadores direito e esquerdo, as 4 molas de compressão amarela, os dois posicionador em V, os 4 parafusos de corpo retificado. A prensa chapa é fixada a placa intermediaria por meio de 4 parafusos M 8x30 laterais, conectados a um conjunto de molas helicoidais industriais. A articulação permite leve inclinação e movimentação da prensa chapa.

Compensação de Variações Dimensional

Seguindo nessa linha, calculamos a força necessária de atuação da prensa chapa para nossa operação (força de sujeição), chegamos ao valor de aprox. 500kgf por peça,

após selecionamos em catálogo uma mola que atenderia nossa necessidade e coubesse no espaço disponível, por isso optamos por utilizar duas molas para atender a carga. Dimensionamos por meio de cálculos os parafusos, foram selecionados os de corpo retificados para permitindo a articulação dos pisadores, e chegamos no modelo apresentado acima.

Quando a chapa metálica apresenta variações de 0,3 a 0,4 mm, a estrutura articulada permite que o prensa chapa se ajuste automaticamente ao perfil, sem gerar força excessiva. As molas atuam como limitadores, fornecendo resistência suficiente para garantir a estampagem, mas permitindo absorção controlada.

Vantagens em Relação ao Sistema Rígido

- Aumento da planicidade das peças.
- Redução de tensões localizadas.
- Menor desgaste do conjunto.
- Redução de rejeitos e retrabalho.

Escolha de Componentes

- Molas helicoidais de compressão: tensão calibrada para absorção de até 0,5 mm sem perda de energia.
- Articulação com pino de aço temperado e buchas autolubrificantes.
- Aço SAE 4340 para componentes estruturais.

4. CÁLCULOS DO SISTEMA

Força de Estampagem (F)

$$F=A \cdot \sigma$$

Onde:

- A = área de corte ou conformação (mm²)
- σ = tensão de escoamento do material (MPa)

Força das Molas (F_m)

$$F_m = k \cdot x$$

Onde:k = constante elástica da mola (N/mm)

x = deslocamento causado pela variação da chapa (mm)

Cálculo de Flexão Permitida

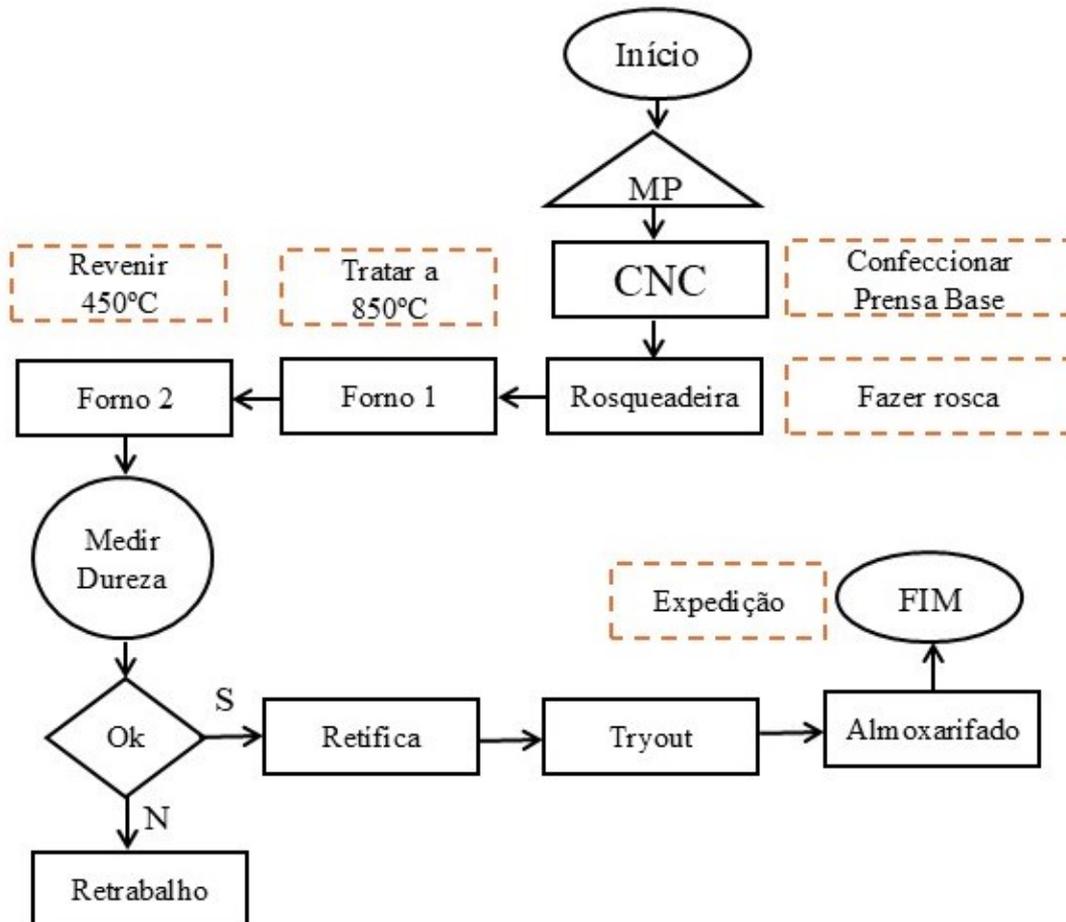
Para garantir eficiência, foi definido o limite de flexão da estrutura em até 0,5 mm, com recuperação elástica total das molas.

5. RESULTADOS ESPERADOS

Mesmo em fase de estudo e simulação, espera-se que o sistema articulado:

- Melhore a qualidade da peça estampada.
- Permita estampagem de chapas com pequenas irregularidades.
- Aumente a vida útil do ferramental.
- Reduza custos com manutenção e perdas por falha dimensional.

Fluxo Grama da Construção do Prensa Chapa Articulado



Folha de Processo da Construção da Base do Prensa Chapa

Figura - 04 Folha de processo



CENTRO PAULA SOUZA



Nº 0	Revisão: 1	FOLHA DE PROCESSO			Folhas:
Data: 01/05/2025	Peca: Base do Prensa Chapa	Material: SAE 4043	Executado por: Luciano F dos Santos	Desenho: autor	

Nº	DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO	Máquina	Vc	n	f	ap	Nº de passes	Porta Ferramenta	Ferramenta	Tempo Teórico [seg]
			m/min	rpm	mm/volta	mm				
10	Corte da matéria-prima na serra fita	SERRA							Lâmina bimetálica para aço	90
20	Furação Ø5 mm para rosca M6 (corpo retificado)	CNC	120	7640	0,10	16	1	BT40 - Broca Ø5	Broca Ø5 HSS	80
30	Rosqueamento M6 dos furos do corpo retificado	CNC		800			1	BT40 - Macho M6	Macho M6	60
40	Furação Ø10 mm para pino guia	CNC	120	3820	0,12	20	1	BT40 - Broca Ø10	Broca Ø10 HSS	70
50	Furação Ø6 mm passante para parafusos de fixação (placa)	CNC	130	8270	0,10	25	1	BT40 - Broca Ø6	Broca Ø6 HSS	65
60	Usinagem do rebaixo inferior de encaixe	CNC	150	2380	0,20	3	2	BT40 - Fresa topo Ø16	Fresa topo Ø16 HSS	100
70	Desbaste do rasgo central	CNC	140	2.230	0,20	3	1	BT40 - Ø20	Fresa topo Ø20 HSS	130
80	Furação dos alojamentos Ø20 mm	CNC	110	1750	0,15	20,00	1	BT40 - Ø20 Broca	Broca Ø20 HSS	85
90	Furação passante Ø10 mm	CNC	120	3820	0,12	25,00	1	BT40 - Ø10 Broca	Broca Ø10 HSS	70
100	Faceamento superior	CNC	200	1270	0,25	0,5	1	BT40 - Faceadora	Faceadora Ø50 com 4 insertos	55
110	Acabamento do rasgo central	CNC	200	3180	0,10	0,5	1	BT40 - Fresa topo Ø10	Fresa topo Ø10 Metal Duro	90
120	Têmpera a 850°C por 30min	FORNO							Têmpera a 850°C 30minutos	5400
130	Revenimento a 500°C por 60 minutos	FORNO							Revenimento a 500°C por 60minutos	

Tempo Total de Usinagem 6295 seg

Para todas as operações utilizar máquinas convencionais para posterior estudo da manufatura avançada

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Construção da Base Principal do Prensa-Chapa Articulado no Centro de Usinagem CNC

A base principal do prensa-chapa articulado foi fabricada a partir de um bloco maciço de aço ferramenta retificado. Todo o processo de usinagem foi realizado em um centro de usinagem CNC, garantindo precisão dimensional e repetibilidade nos encaixes dos componentes do sistema.

Em seguida, foram executadas as operações de desbaste e acabamento das cavidades principais, utilizando ferramentas de topo de metal duro. Essas cavidades foram projetadas para alojar os elementos móveis como os pisadores, além de permitir o encaixe de molas e guias, essenciais para o funcionamento articulado do conjunto.

A etapa final envolveu a usinagem dos canais arredondados laterais, com o uso de ferramentas de contorno programadas com caminhos de ferramenta 3D, o que exigiu programação CAM e simulação prévia. Esse acabamento conferiu ao conjunto um design funcional e compatível com os demais componentes do sistema prensa-chapa.

Ao fim da usinagem, a peça passou por inspeção dimensional completa, com uso de apalpadores e instrumentos de medição, como paquímetros digitais e relógios comparadores, garantindo que todos os furos e superfícies respeitassem as tolerâncias do projeto técnico.

Tratamento Térmico

As ligas ferro-carbono, antes de serem utilizadas na forma de peças, são na maioria dos casos, principalmente quando aplicadas em construção mecânica, submetidas

Revenimento

Foi aplicado nos aços para corrigir a tenacidade e a dureza excessiva, conseguindo o aumento da tenacidade dos aços. Revenimento é o reaquecimento das peças temperadas, a temperaturas abaixo da linha inferior de transformação do aço. Dependendo da temperatura resulta em pequena ou grande transformação da estrutura martensítica. (Mc Graw Hill:Tecnologia Mecânica, Materiais de Construção Mecânica Vol. III 2° edição)

Componentes do Prensa Chapa

Figura - 05 base da prensa chapa



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

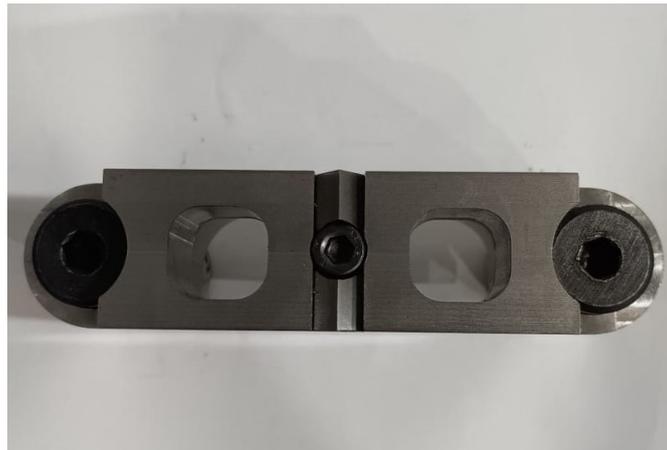
A base principal do prensa-chapa é fabricado do material SAE 4340 ele vai ser temperado a 850° e resfriado no óleo, depois de resfriar colocar novamente no forno a 450° para ser revenido e atingir uma dureza de 50HRC.

A base principal do prensa-chapa também tem um papel importante, já que é ela quem sustenta todos os componentes e garante que o equipamento tenha a resistência necessária para suportar o processo sem deformações.

Além da interação entre os componentes que garantem o alinhamento e a estabilidade das peças, a força de estampagem é outro fator essencial. O sistema de molas ajuda a manter uma pressão constante sobre a peça, o que evita flutuações na força aplicada durante o processo. Sem esse controle, a pressão irregular poderia comprometer a qualidade da estampagem e até causar defeitos nas peças.

A estruturalidade do prensa-chapa (Conforme figura 06), que é sua base e componentes de fixação, é projetada para suportar as forças aplicadas durante a estampagem, garantindo que não ocorram deformações, mesmo quando a força de estampagem é alta.

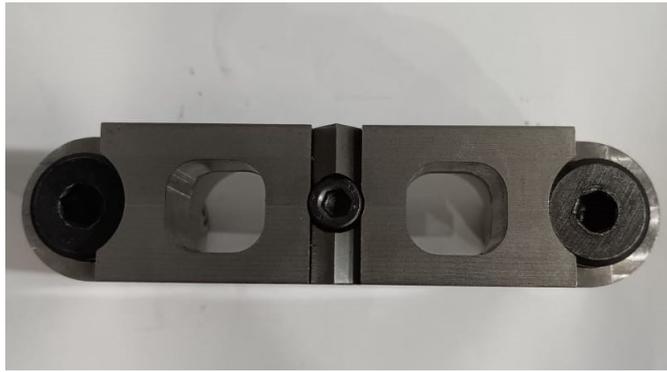
Figura - 06 Pisador direito



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Pisador direito (ou Prensa) é fabricado do material SAE 4340 ele vai ser temperado a 850° e resfriado no óleo, depois de resfriar colocar novamente no forno a 450° para ser revenido e atingir uma dureza de 55HRC. Pisador direito (ou Prensa): As duas partes do prensa-chapa, conhecidas como pisador, ele é construído com ângulo de $1,5^{\circ}$ na face do pisador para acompanhar o mesmo ângulo conforme o ângulo da matriz, são responsáveis por fixar a peça e garantir que ela permaneça estável durante o processo. Isso é fundamental para evitar variações da planicidade das peças (convexa ou côncavo) causadas por diferenças no perfil das peças, que podem variar entre 0,2 e 0,4 décimos.

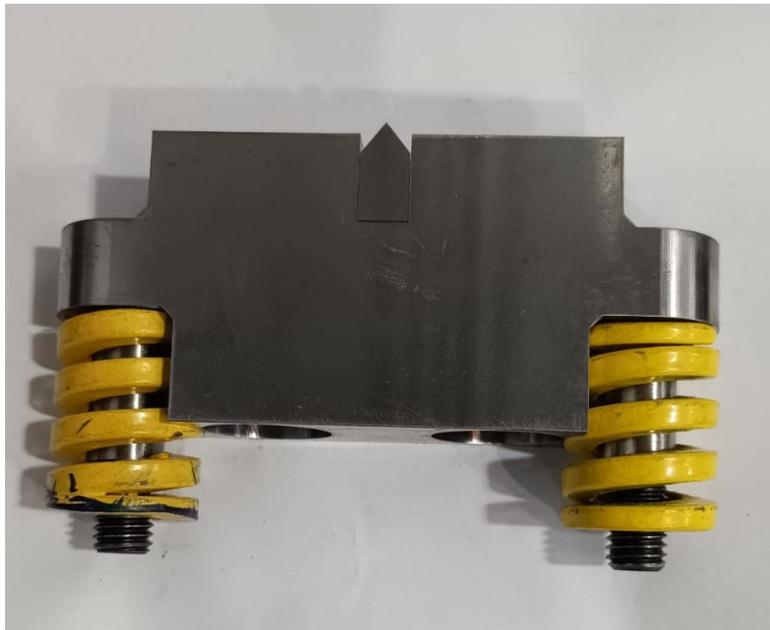
Figura 07 Pisador esquerdo



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Pisador direito (ou Prensa) é fabricado do material SAE 4340 ele vai ser temperado a 850° e resfriado no óleo, depois de resfriar colocar novamente no forno a 450° para ser revenido e atingir uma dureza de 55HRC. Pisador esquerdo (ou Prensa): As duas partes do prensa-chapa, conhecidas como pisador, ele é construído com ângulo de $1,5^{\circ}$ na face do pisador para acompanhar o mesmo ângulo conforme o ângulo a matriz, são responsáveis por fixar a peça e garantir que ela permaneça estável durante o processo. Isso é fundamental para evitar variações da planicidade das peças (convexa ou côncavo) causadas por diferenças no perfil das peças, que podem variar entre 0,2 e 0,4 décimos.

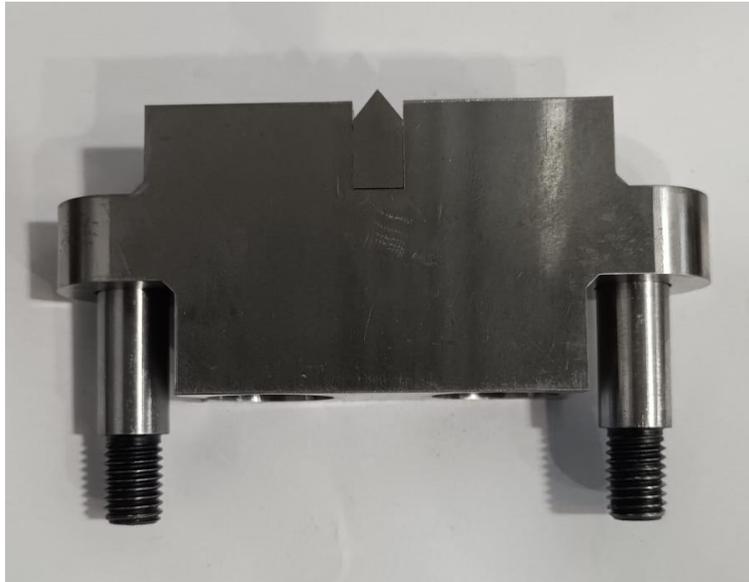
Figura - 08 Molas amarela de compressão



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Molas: Quatro molas são usadas em conjunto com os parafusos de corpo retificado para criar a compressão necessária. Elas ajudam a absorver as variações de perfil das peças, garantindo que o processo de estampagem ocorra de forma uniforme, mesmo com pequenas diferenças na espessura das peças.

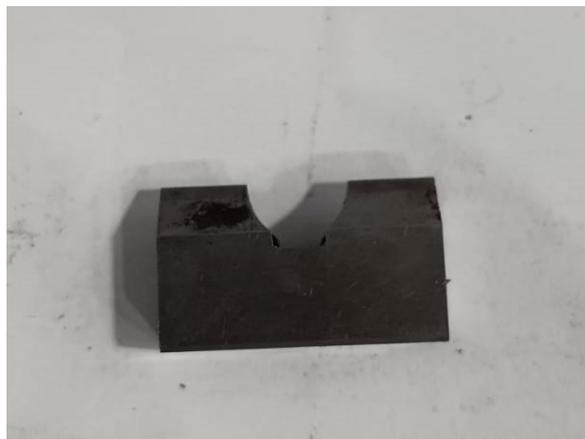
Figura - 09 Parafuso de corpo retificado



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Parafusos de Corpo Retificado M10: Esses parafusos são utilizados para travar o pisador no prensa-chapa. Eles garantem que a peça permaneça fixada e estável durante o processo de estampagem.

Figura - 10 Posicionador em V



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Posicionador em V: É fabricado do material SAE 4340 ele vai ser temperado a 850° e resfriado no óleo, depois de resfriar colocar novamente no forno a 450° para ser revenido e atingir uma dureza de 55HRC.

Posicionador em V: Este componente é crucial para garantir que a peça esteja alinhada e simétrica durante o processo de estampagem. Ele ajuda a posicionar a peça de forma precisa, evitando deslocamentos que poderiam comprometer a qualidade do corte.

Figura - 12 Prensa chapa completo



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

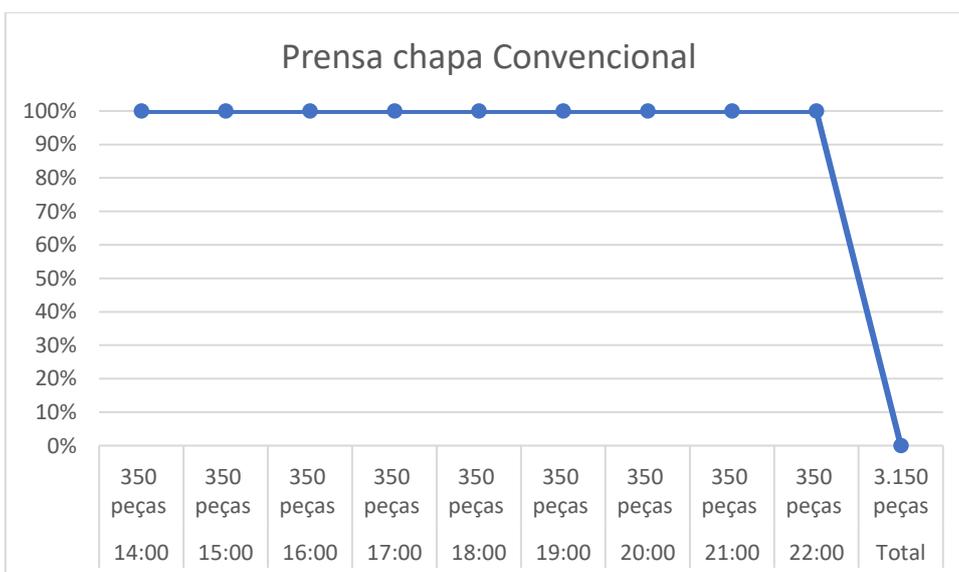
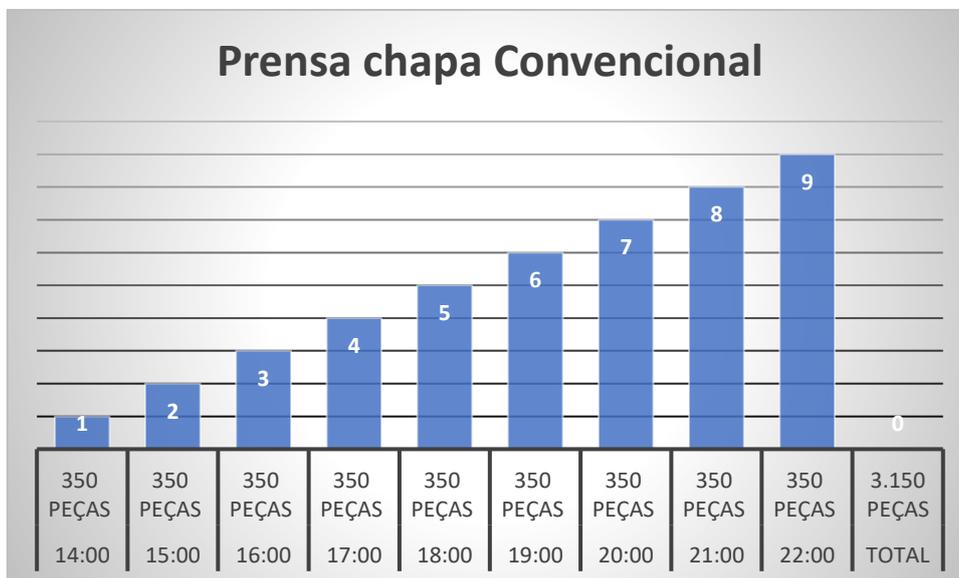
Figura - 13 Prensa chapa convencional



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

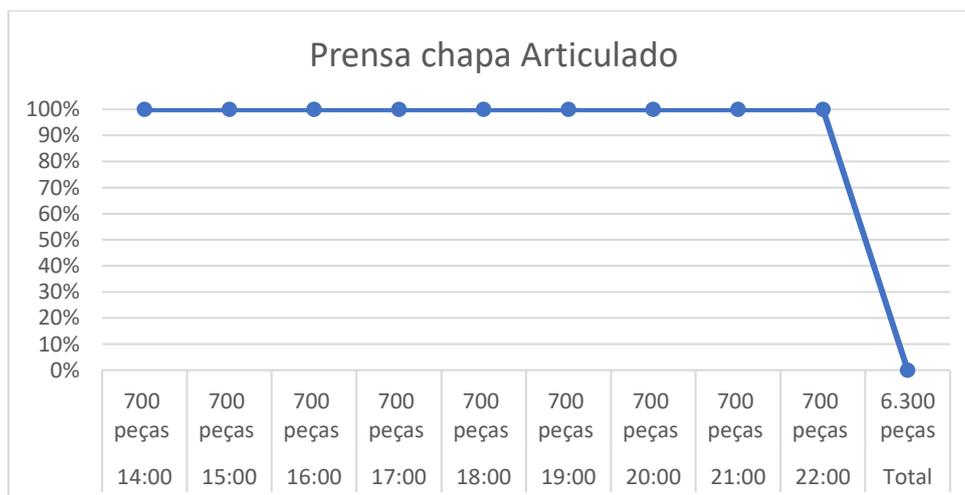
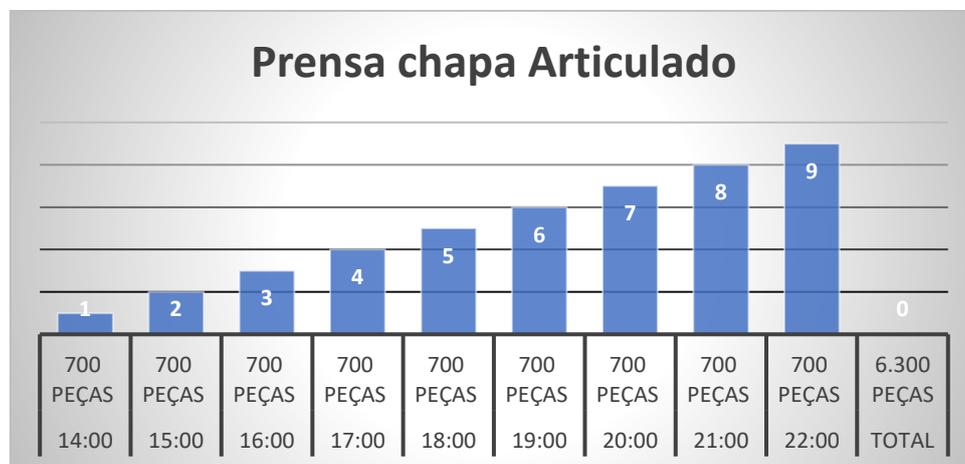
Produção do Prensa chapa convencional

Horário	Peças por horas	Prensa chapa convencional
14:00	350 peças	1
15:00	350 peças	2
16:00	350 peças	3
17:00	350 peças	4
18:00	350 peças	5
19:00	350 peças	6
20:00	350 peças	7
21:00	350 peças	8
22:00	350 peças	9
Total	3.150 peças	9 horas trabalhada



Produção do Prensa chapa Articulado

horário	Peças por horas	Prensa chapa Articulado
14:00	700 peças	1
15:00	700 peças	2
16:00	700 peças	3
17:00	700 peças	4
18:00	700 peças	5
19:00	700 peças	6
20:00	700 peças	7
21:00	700 peças	8
22:00	700 peças	9
Total	6.300 peças	9 horas trabalhada



6. CONCLUSÃO

O desenvolvimento do prensa-chapa articulado demonstra ser uma solução técnica viável para problemas comuns em linhas de produção que utilizam prensas rígidas. A capacidade de adaptação a variações dimensionais reduz falhas, aumenta a qualidade do produto e amplia a eficiência dos processos de estampagem.

Este trabalho apresenta o estudo e desenvolvimento de um sistema de prensa-chapa articulado, voltado para processos de estampagem de chapas e perfil que exigem alta precisão dimensional. O objetivo central é propor uma solução técnica capaz de compensar variações na espessura ou irregularidades do perfil da peça, que em prensas convencionais rígidas, geram falhas como perda de planicidade, trincas e desgaste prematuro do ferramental.

O sistema articulado projetado utiliza articulações mecânicas associadas a molas helicoidais industriais, permitindo o deslocamento controlado do conjunto do prensa-chapa durante o processo de estampagem. Essa movimentação absorve variações dimensionais de até 0,4 mm, sem comprometer a integridade da peça estampada nem a estabilidade do processo.

A metodologia adotada envolveu pesquisa bibliográfica, levantamento técnico de componentes, modelagem teórica e cálculos estruturais, comparando a operação da prensa articulada com o funcionamento de prensas convencionais. Os cálculos consideram forças de estampagem, deslocamento elástico permitido e comportamento das molas diante de cargas variáveis.

Os resultados obtidos indicam que o sistema articulado contribui para a melhoria da qualidade das peças, redução de falhas no processo, aumento da vida útil das ferramentas e menor necessidade de retrabalho, tornando-se uma alternativa viável para a indústria metalmeccânica, especialmente em situações em que a matéria-prima apresenta tolerâncias fora do padrão.

REFERÊNCIAS

- Antônio Valenciano Polack: Manual prático de estampagem.06 Mar 2025.
- CALISTER, William D. Ciência e Engenharia de Materiais. 9.ed. Rio de Janeiro: LTC,2016. il.;28 cm. Minas Gerais: GEN, out 2023. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=3790903&forceview=1> acesso em: 17 Abr 2025.
- Conjunto padronizado de elementos descritivos, retirados de um documento, que permite sua identificação individual (NBR 6022/2018).17 Fever 2025.
- FERRARESI, Dino. Fundamentos da Usinagem dos Metais. São Carlos, ago 1969. Edgard Blücher Ltda. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7538316/mod_resource/content/1/Fundamentos_Da_Usinagem_Dos_Metais_Dino_Ferraresi.pdf acesso em: 10 Mar 2025.
- Lirio Schaeffer, Rafael Menezes Nunes e Alberto Moreira Guerreiro Brito: Tecnologia da Estampagem de Chapas e Metálicas.20 Mar 2025.
- MACHADO, Á. R. Usinagem dos materiais metálicos. São Paulo: Edgard Blücher, 2009.24 Fever 2025.
- Mc Graw Hill:Tecnologia Mecânica, Materiais de Construção Mecânica Vol.III 2º edição.15 Mai 2025.
- RIBEIRO, P. S. G. Adoção à brasileira: uma análise sociojurídica. **Dataveni@**, São Paulo, ano 3, n. 18, ago. 1998. Disponível em: <http://www.datavenia.inf.br/frame.artig.html>. Acesso em: 11 Abr. 2025.
- Sites de fabricantes de molas industriais (Vulcan, Gotal, etc.) 22 Abri 2025.