



**Pesquisa aplicada & inovação: Estudo do mapa de rotas tecnológicas em uma empresa do segmento metalmeccânico para produção do conhecimento e aplicação prática
(artigo convidado)**

**Applied research & innovation: Study of the technological routes map in a company of the metal-mechanic segment for knowledge production and practical application
(invited paper)**

Diego Tolotti de Almeida

Bruning Tecnometal Ltda. – Brasil

diegot@bruning.com.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4122-2350>

Lucas Alexandre Mello Werner

Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Unisinos – Brasil

lucas@bruning.com.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-4022-4733>

Alexia Pereira dos Santos

Bruning Tecnometal Ltda. – Brasil

alexia.santos@bruning.com.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-3731-9144>

Débora Oliveira da Silva

Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Unisinos – Brasil

deboraooliveira@unisinos.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7023-4927>

Recebido: 27 junho 2023

Revisado: 28 julho 2023

Aceito: 31 julho 2023

Resumo

O processo de contínua atualização de tecnologias, processos e produtos, tem colocado a inovação no centro das discussões de diferentes instituições. Uma vez que a necessidade de se manter competitiva, e para além disso, estar na vanguarda dessas modificações, se tornou algo necessário para a sobrevivência das organizações, o processo de renovação dos portfólios de projetos, bem como o gerenciamento desses é fundamental para trilhar o caminho rumo a inovação. Diversas metodologias estão disponíveis para promover a geração de ideias e potencializar os processos já em curso. Dentre essas, o Mapa de Rotas Tecnológicas (MRT) se mostra uma importante ferramenta para a coleta de ideias, auxiliando tanto no processo de formulação estratégica, quanto na definição das ações relativas ao planejamento de novos produtos, processos e tecnologias. A utilização da metodologia do MRT permitiu a uma empresa do segmento metalmeccânico delinear seu portfólio de projetos a partir do levantamento e priorização de ideias de forma colaborativa. Assim, o processo de estampagem a quente foi considerado no ano de 2019 como um processo alinhado ao direcionamento estratégico da empresa, sendo priorizado e incorporado ao portfólio de projetos. A partir da utilização de corpos de prova com o aço para estampagem a quente 22MnB5 com 8,00 mm de espessura, por meio da análise de taxa de resfriamento, microestrutura e microdureza foi possível verificar comportamento mecânico e metalúrgico satisfatórios, possibilitando a utilização do aço para estruturas de veículos rodoviários comerciais.

Palavras-chave: Pesquisa aplicada; portfólio de inovação; resultado das organizações.

Abstract

The process of continuously updating technologies, processes, and products has placed innovation at the center of the discussions of different institutions. Once the need to remain competitive, and beyond that, to be at the forefront of these modifications has become something necessary for the survival of organizations, the process of renewing project portfolios, as well as their management, is fundamental to tread the path towards innovation. Several methodologies are available to promote the generation of ideas and enhance the processes already underway. Among these, the Technology Roadmap (TRM) is an

important tool for collecting ideas, helping in the process of strategic formulation, as well as in the definition of actions related to the planning of new products, processes and technologies. The use of the TRM methodology allowed a company in the metal-mechanic segment to delineate its project portfolio from the collection and prioritization of ideas in a collaborative way. Thus, the hot forming process was considered in 2019 as a process aligned to the company's strategic direction, being prioritized and incorporated to the project portfolio. From the use of test specimens with 22MnB5 hot forming steel with 8.00 mm thickness, through the analysis of cooling rate, microstructure, and microhardness, it was possible to verify satisfactory mechanical and metallurgical behavior, enabling the use of steel for commercial road vehicle structures.

Keywords: Applied research; innovation portfolio; organizational results.

1. Introdução

Diversos aspectos trouxeram a necessidade de ressignificar muitos valores da sociedade desde o início do século XXI, tais como a intensidade com que os avanços tecnológicos têm se concretizado, e a necessidade de alcançar um futuro sustentável (ACCENTURE, 2018). Para a renovação das organizações e principalmente para melhorar seus resultados é fundamental colocar a inovação como processo central. Mas a inovação não é um atributo automático das organizações, o processo deve ser habilitado por meio de gerenciamento ativo e sofisticado. As empresas arriscam sua sobrevivência e perspectivas de crescimento quando não mudam o que oferecem ao mercado, seja através da inovação de produto ou serviço, ou quando não mudam as formas como criam e entregam essas ofertas, através da inovação de processo (Bessant et al., 2005).

A inovação de processo pode ser descrita como a implementação de novos sistemas ou aprimoramentos para transformar entradas em saídas durante a produção e distribuição, alcançando maior qualidade, e menor custo; enquanto a inovação de produto se refere à concepção, desenvolvimento e lançamento no mercado de um novo produto ou novo serviço (Rasool et al., 2018).

Nesse contexto, o fomento a novas ideias, assim como a formação de um portfólio de projetos se torna um passo essencial para construir um processo que leve à inovação. O planejamento desse processo, bem como o gerenciamento da inovação dentro de uma organização acaba por tornar-se um processo central. O *Technology Roadmapping* apresenta os caminhos possíveis que uma organização pode tomar rumo à inovação, conectando os objetivos para um horizonte futuro com os caminhos possíveis para alcançá-los. Assim, essa ferramenta permite tanto a definição de estratégias de inovação, quanto o planejamento de produtos e processos (Oliveira, et al, 2019).

As ideias envolvendo temas novos para empresas, assim como ideias de melhoria de processos eventualmente tornam-se temas de pesquisas aplicadas. O gerenciamento desses projetos de pesquisa, especialmente em empresas de grande porte pode ser dificultado pela pulverização de tais iniciativas em diferentes áreas da empresa. Não raro, um mesmo assunto acaba por ser estudado por diferentes grupos, sem que haja a comunicação, envolvimento, nem contribuição entre eles. Entretanto, a simples centralização de trabalhos de pesquisa também deve ser vista com cuidado, de modo a não tolher a geração de ideias, e a realização de pesquisas que possam culminar em inovação.

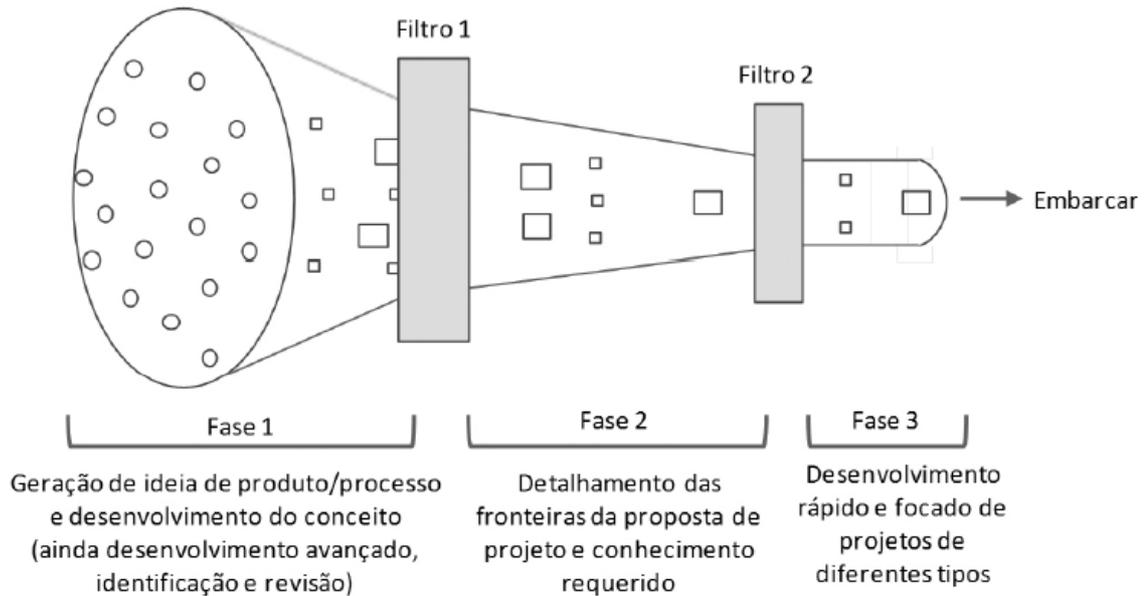
Dessa forma, a existência de áreas com dedicação específica em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) é extremamente importante, sendo inclusive estimulada por instrumentos governamentais, como a Lei do Bem (Lei nº 11.196/2005). No ano de 2012 foi criada a área de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) em uma empresa do ramo metalmeccânico, no noroeste do estado do Rio Grande do Sul, estruturada seguindo as melhores práticas de gestão de P&D. Em 2022, a área passou por uma reestruturação, adquirindo novos desafios, como área de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I).

Buscando uma alternativa para orientar a entrada de novas ideias e para o gerenciamento do portfólio de projetos, em 2018 foi iniciada a customização da ferramenta Mapa de Rotas Tecnológicas (MRT). A construção de uma ferramenta que atendesse às necessidades da empresa levou à criação de uma metodologia de levantamento e priorização das ideias, protagonizada pela área de PD&I, mas em colaboração com as diferentes áreas. Assim, no segundo mapa construído, em 2019, a ideia de pesquisar o processo de "estampagem a quente" foi priorizada de acordo com os critérios do MRT de alinhamento estratégico, impacto para o negócio, atendimento a necessidades de diferentes unidades da empresa, e benefícios para o cliente. A realização da pesquisa culminou em uma parceria com a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como um projeto de pesquisa de doutorado de um dos integrantes da equipe PD&I da empresa. Este artigo descreve o uso da metodologia MRT, demonstrando como a metodologia seria adequada – dentre outras opções – e como ela ajudou a evidenciar a priorização de um projeto específico.

2. Referencial teórico

Os modelos mais estruturados de desenvolvimento de produtos são, geralmente, fundamentados por um pressuposto nem sempre verdadeiro de que as ideias de inovação possam ser bem definidas pelo leque tecnológico existente, pela estratégia definida ou pela voz do mercado (da Silva et al., 2014). Para selecionar projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e para mostrar que poucas inovações de fato alcançarão espaço no portfólio de produtos temos um modelo gráfico na forma de funil, conforme apresentado na Figura 1 (Clark & Wheelwright 1992).

Figura 1 – Funil de desenvolvimento para inovação



Fonte: Clark & Wheelwright (1992)

Para Hansen & Birkinshaw, (2007) a lógica de um funil deve demonstrar que o processo de desenvolvimento de inovações ocorre em ambientes de recursos escassos nos quais há mais ideias nas fases iniciais do que a organização pode ou deva levar a estágios mais avançados. A captação de muitas ideias e, conforme a abordagem, de fontes diversificadas, associada a critérios adequados de escolha e decisão coerentes com a maturidade das oportunidades em cada fase, é um ponto principal para o processo de inovação.

O *Technology Roadmapping*, ou Mapeamento de Rotas Tecnológicas, é um método mundialmente utilizado para planejar o desenvolvimento de produtos, considerando as necessidades e tendências de mercado, os objetivos de negócio da empresa e as possibilidades tecnológicas. (Kerr & Phaal, 2020).

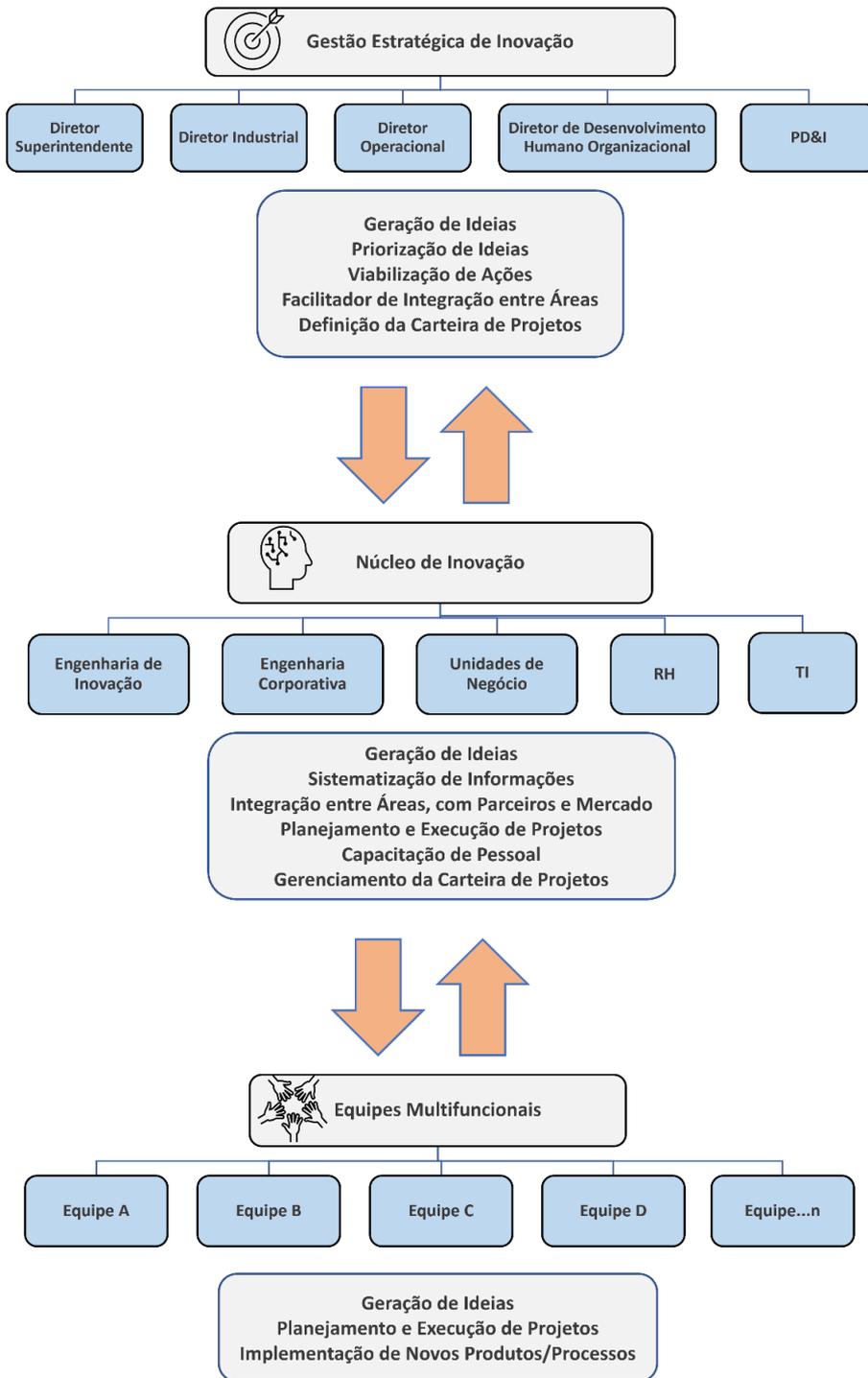
Amplamente difundido o método é uma referência e pode ser considerado o estado da arte na aplicação em diversas empresas, contextos e finalidades (Phaal, 2004). A construção do *roadmap* consiste basicamente na coleta de ideias e na análise destas, fazendo uma construção de desenvolvimento das ideias levantadas e priorizadas.

3. Estudo de caso: Mapa de Rotas Tecnológicas

3.1. Mapa de Rotas Tecnológicas

No ano de 2012 foi criada a área de Pesquisa, Desenvolvimento & Inovação (PD&I) em uma empresa metal mecânica, estruturada seguindo as melhores práticas de gestão de PD&I. Tendo suas atividades coordenadas por um Comitê de Pesquisa, Desenvolvimento & Inovação, formada pelos diretores, gerentes e representantes de PD&I da empresa. A estrutura organizacional para inovação pode ser vista de forma esquemática na Figura 2.

Figura 2 – Estrutura organizacional articuladora da inovação



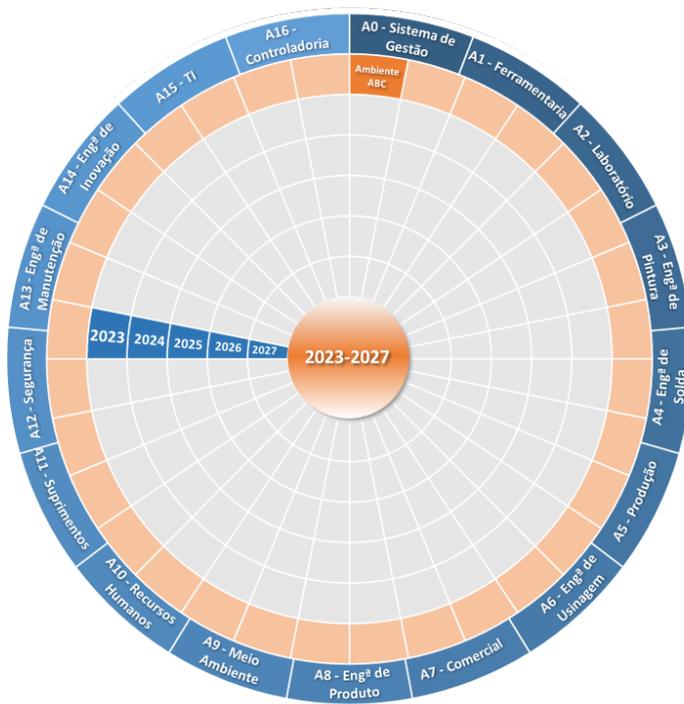
Fonte: autores

A definição das linhas de pesquisa ocorre por meio do Mapa de Rotas Tecnológicas (MRT). A ferramenta MRT foi inicialmente aplicada no ano de 2018, a partir de um processo de customização da metodologia para a realidade da empresa. Com a realização de *benchmarks* e revisão bibliográfica, foi possível encontrar o formato ideal para iniciar a aplicação. Uma série de aspectos foram levados em consideração, podendo destacar, como primeiro passo, a estratificação da empresa entre macro áreas. Foram mapeadas 16 macro áreas, partindo da compreensão das necessidades comuns entre áreas menores. Essa definição possibilitou que no processo de levantamento das ideias já fosse previamente identificada qual ou quais macro áreas teriam maior afinidade, capacidade de atuação e benefícios com as ideias criadas.

Entretanto, a criação de uma metodologia que melhor se adequasse aos processos da empresa não afasta o entendimento de que o MRT deve ser vivo e dinâmico, mudando de acordo com os novos times, dinâmica das tecnologias, conceitos, capacidades e direcionadores externos e internos. Exemplo disso foi a adição de um novo critério de avaliação de ideias, dentro do tópico “Alinhamento estratégico”, “Mesma necessidade entre Unidades de Negócio”, já que em 2021 a empresa passou a ser organizada em 5 Unidades de Negócio.

As rotas tecnológicas são realizadas em conjunto entre PD&I, áreas de interesse da empresa, Instituições Científicas, Tecnológica e de Inovação (ICTs) e empresas parceiras. Dessa forma, o planejamento tecnológico por meio do MRT organiza e mapeia tecnologias em processos e produtos, que atendam ao mercado e que estejam, sobretudo, alinhados ao planejamento estratégico da empresa. Temos, por fim, mapas de trajetórias com escolhas que determinam nosso plano de voo tecnológico construído de forma colaborativa. Na Figura 3 é apresentado o MRT mestre, organizado nas macro áreas da empresa, para agrupar as ideias geradas em 2022.

Figura 3 – Technology roadmap mestre das grandes áreas da empresa



Fonte: autores

Após a coleta de ideias, o processo é complementado pela etapa de priorização, a qual visa um direcionamento para a formação do portfólio de projetos. A criação do portfólio deve conciliar os diferentes objetivos e metas que, por vezes, podem estar sobrepostos nas diferentes ideias coletadas. Para tal, um modelo de avaliação qualitativo baseado em notas é aplicado. São utilizados 11 critérios, distribuídos entre 5 tópicos: alinhamento estratégico, necessidade do consumidor, viabilidade comercial, viabilidade econômica e viabilidade técnica. Cada um desses tópicos possui seus critérios e, a eles, são conferidos pesos diferentes. O resultado é uma nota a cada ideia de projeto, possibilitando a avaliação de prioridade destes.

A construção das rotas se dá pelo alinhamento da priorização das ideias com a distribuição entre as diferentes macro áreas. Assim, fica mais evidente o caminho que será trilhado no horizonte considerado, que é de 5 anos. Além disso, o MTR é revisado anualmente, possibilitando que qualquer necessidade de reavaliação seja realizada, de acordo com o cenário do ano corrente.

O alcance dessa metodologia está para além de promover a geração de novas ideias e atuar no gerenciamento do portfólio de projetos, ela evita que pesquisas do mesmo tema sejam desenvolvidas em áreas diferentes de forma isolada, ou seja, auxilia no fortalecimento da cooperação entre as áreas e o desenvolvimento de trabalhos conjuntos, aliando as partes que possuem maior experiência no tema com as áreas que serão beneficiadas. Adicionalmente, a partir dos critérios de priorização é possível determinar quando uma ideia irá necessitar de apoio técnico externo e delimitar se este virá de uma empresa parceira, ICT ou universidade, por exemplo.

O trabalho que envolve a construção dos MRT é conduzido e gerenciado pelo PD&I, de forma a articular esforços em diferentes áreas da empresa. A evolução das ideias em projetos depende de todos os aspectos de priorização, estrutura, recursos humanos e financeiros. À medida que está formado o banco de ideias, outro movimento se inicia, que consiste no incentivo à formação dos colaboradores. Uma vez que o entrelace das esferas universidade, indústria e governo é um objetivo perseguido para ampliar a prática da inovação aberta, essas iniciativas são vistas de forma conjunta, já que uma ideia priorizada pela metodologia pode ser o tema de um trabalho acadêmico. Portanto, além dos incentivos para aumentar o grau de instrução dos colaboradores, o PD&I oferece apoio por meio da coorientação de trabalhos de conclusão de graduação e pós-graduação.

Dessa forma, a partir do MRT realizado em 2019, a ideia de estudar o processo de estampagem a quente recebeu destaque por seu alinhamento com as diretrizes estratégicas da empresa, a qual observou o movimento no mercado em busca das vantagens e possibilidades proporcionadas pelo uso de aços de elevada resistência mecânica, baseando seus projetos futuros em aços estampados a quente. A principal motivação estava especialmente nos fabricantes de veículos de carga, visto que nesse segmento, as vantagens econômicas e ambientais da redução de massa dos veículos podem ser ainda mais significativas, representando a possibilidade do aumento da carga transportada. Além disso, alguns fabricantes de caminhões já demonstram preocupação com a segurança do motorista em caso de colisões, ratificando ainda mais a necessidade de estudo dos benefícios em decorrência do uso de estampagem a quente.

A pesquisa teve como objetivos o desenvolvimento de nova formulação de aço laminado para estampagem a quente para componentes de maior espessura, a avaliação das propriedades mecânicas e metalúrgicas da matéria-prima antes e depois do processo, o desenvolvimento de ferramental para validação do modelo e produção piloto de componente de teste e a avaliação de diferentes estratégias de manufatura para encontrar a opção mais econômica. Por se tratar de um tema de alta complexidade, envolvendo análises sofisticadas, foi estabelecido que seria necessário a parceria com instituição que oferecesse apoio técnico para o desenvolvimento. A realização da pesquisa culminou em uma parceria com a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sendo desenvolvida como um projeto de pesquisa de doutorado.

3.2. Investigação experimental do processo de estampagem a quente para indústria de veículos rodoviários comerciais

As novas exigências de segurança veicular implementadas mundialmente tornaram inevitáveis a introdução de aços de alta resistência no meio industrial (Akerström, 2006). Esse fato, somado à necessidade de redução da massa dos veículos, fizeram da solução “reduzir espessura + aumentar resistência” das chapas um caminho sem volta (Hein, 2005). Dentre eles, os aços temperáveis representam uma situação bastante específica devido à necessidade radical de adaptação ou provisão de meios necessários à produção. Equipamentos como prensas e ferramental precisam ser radicalmente modificados, além da necessidade de novos elementos como fornos, sistemas de refrigeração e manipulação. Todos esses elementos devem funcionar em harmonia para que seja possível obter a geometria e as propriedades desejadas na peça final. Segundo Karbasian e Tekkaya (2010), para ter sucesso é preciso reunir profundo conhecimento em todas as fenômenos envolvidos: térmicos, mecânicos, micro estruturais e tecnológicos.

Poucos estudos relatam o projeto de sistemas de refrigeração do ferramental para estampagem a quente. Porém é conhecido que para se evitar a formação bainítica e obter uma microestrutura 100% martensítica que é o esperado do processo de estampagem a quente, a taxa de resfriamento deve ser no mínimo de 27°C/s (Kirkaldy, 1983; Li et.al, 1998). A taxa de resfriamento pode ser acelerada usando um líquido de arrefecimento com uma baixa temperatura a fim de aumentar a diferença de temperatura entre o refrigerante e a ferramenta (Steinbeiss, 2007).

Segundo Steinbeiss (2007) os canais de refrigeração podem ser perfurados na ferramenta de conformação, porém as restrições de usinagem devem ser consideradas no projeto da ferramenta. Uma alternativa consiste em fazer os dutos de refrigeração no próprio molde de fundição da ferramenta (Kuhn, 2006). Outra alternativa é a fabricação da ferramenta segmentada, ou seja, em partes, onde a ferramenta é aparafusada promovendo assim a união dos canais de refrigeração (Freieck, 2007).

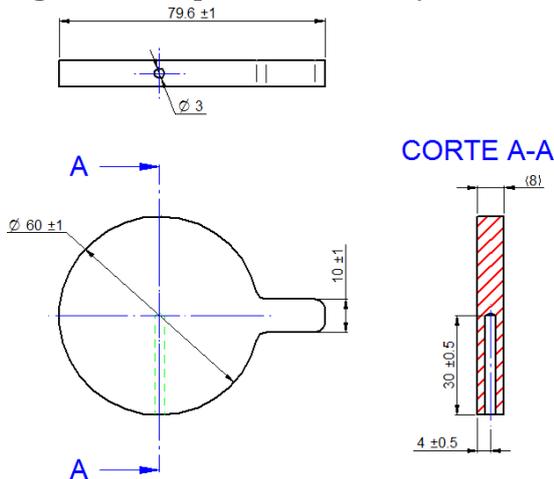
A tecnologia de estampagem a quente já se encontra razoavelmente estabelecida para chapas finas (entre 0,8 e 2,5 mm de espessura). Até o momento, alguns poucos estudos foram conduzidos para produzir peças com até 10 mm de espessura, o que impõe novos desafios a serem enfrentados. Problemas que já são relevantes na conformação de chapas finas tornam-se mais graves, como por exemplo sistema de manipulação, tempo de aquecimento, qualidade superficial, tempo de têmpera, perfil de dureza e propriedades finais da peça fabricada. Dentro do contexto apresentado, este trabalho leva à discussão alguns problemas supramencionados com objetivo de dominar a técnica de fabricação

por estampagem a quente em chapas grossas, uma vez que a utilização de chapas grossas com o processo de estampagem a quente nos veículos de carga se torna interessante devido as vantagens econômicas (e ambientais) da redução de massa dos veículos serem mais significativas, já que esta traduz-se em aumento da carga transportada.

3.3. Materiais e Métodos

Neste estudo, o material utilizado foi o aço para estampagem a quente 22MnB5 com 8,00 mm de espessura, as dimensões do corpo de prova são conforme Figura 4 (dimensões em milímetros). O aço ao boro 22MnB5 é muito utilizado na indústria automotiva pelo seu elevado valor de limite de resistência. A composição química do material pode ser visualizada na Tabela 1.

Figura 4 - Corpo de Prova de aço 22MnB5



Composição Química	
Carbono- C (%)	0,22 - 0,25
Manganês- Mn (%)	1,20 - 1,40
Silício - Si (%)	0,20 - 0,30
Enxofre - S (%)	0,005 MÁX.
Alumínio - Al (%)	0,020 - 0,050
Cromo - Cr (%)	0,11 - 0,20
Boro - B (%)	0,0020 - 0,0035

Tabela 1 - Composição química do aço 22MnB5

Fonte: adaptado de Fan (2009)

A Figura 5 apresenta de forma esquemática o ferramental projetado e fabricado para o processo de estampagem a quente. A ferramenta consiste de uma matriz com canais de refrigeração, onde é apoiada a uma base com contato esférico que ajuda a garantir uma pressão de contato uniforme entre a matriz, punção e o corpo de prova.

Para aquisição dos dados de temperatura foram utilizados 3 termopares do tipo K, que possuem uma faixa de medição de temperatura de 0°C até 1200°C. Os sinais dos termopares foram recebidos e amplificados por um condicionador de sinais e lidos através do software LabView. Os termopares foram instalados da seguinte forma: 1 termopar fixado na matriz, logo acima dos canais de refrigeração, 1 termopar no blank exatamente em meia espessura e outro termopar fixado na superfície do punção.

Para a realização deste trabalho foi utilizado uma prensa hidráulica de 100T, modelo CNC VP Matic do fabricante Dan Presse, um forno tipo mufla para altas temperaturas, modelo BF 51848A do

fabricante Lindberg/Blue e um refrigerador de água (chiller), modelo R134-a do fabricante Maqtermo. Detalhes do aparato utilizado para o teste podem ser visualizados na Figura 6.

Figura 5 – Desenho esquemático do ferramental utilizado

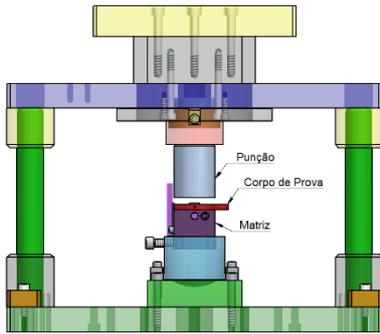


Figura 6 – Detalhe dos equipamentos utilizados



Neste estudo foi priorizada a aplicação de diferentes temperaturas do fluido nos canais de refrigeração, a fim de analisar a taxa de resfriamento obtida durante o processo e sua influência na dureza e microestrutura do material. A Tabela 2 resume os parâmetros do processo empregados neste estudo.

Tabela 2 – Parâmetros do processo

Temperatura de Encharque	Tempo de Encharque	Transferência CP para ferramenta	Vazão do fluido nos canais de refrigeração	Pressão de Contato	Temperatura do fluido
[°]	[min.]	[s]	[l/min]	[Mpa]	[°C]
950	5	< 7	12,6	64	5
					15
					25

Os ensaios foram realizados inserindo os corpos de prova instrumentados no forno tipo mufla, com a câmara de aquecimento na temperatura estabilizada em 950°C. Os mesmos foram mantidos durante 5 minutos, registrados através de um cronômetro, com o objetivo de obter uma transformação completa e homogênea da austenita e em seguida, realizada a rápida transferência para a ferramenta (<7 segundos).

Como neste estudo o objetivo é obter uma microestrutura 100% martensítica, a aplicação de diferentes temperaturas do fluido nos canais de refrigeração constitui um importante fator de influência para o efeito de resfriamento proporcionado pelo ferramental (Sikora, et.al., 2006; Li et.al, 2013).

4. Resultados

4.1. Evolução da Temperatura – Taxa de resfriamento

Os dados de temperatura adquiridos pelo sistema de aquisição de dados são plotados como perfis de temperatura do blank, matriz e punção em relação ao tempo de resfriamento. O cálculo da taxa de resfriamento foi realizado subtraindo o valor de temperatura do momento em que o corpo de prova foi posicionado sobre a matriz pela temperatura de início de formação da martensita ($T=430^{\circ}\text{C}$). O valor da subtração foi dividido pelo tempo (em segundos) nesse intervalo. Desta forma a velocidade de resfriamento deve ser no mínimo de 27°C/s para a liga 22MnB5, objetivo de estudo deste trabalho. Esta velocidade crítica de resfriamento permite obter uma microestrutura final inteiramente martensítica. Os perfis de temperatura e as taxas de resfriamento são apresentados nas Figuras 6, 7 e 8.

Figura 6 - Perfis de temperatura e taxa de resfriamento

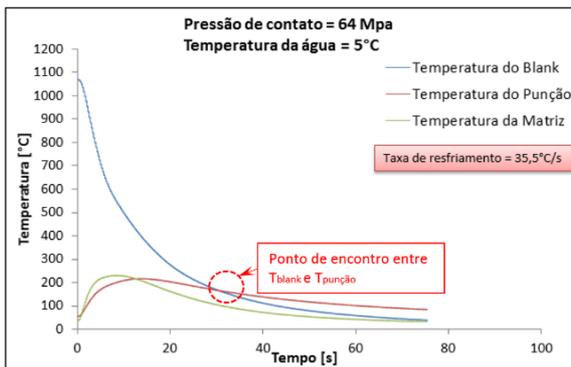


Figura 7 - Perfis de temperatura e taxa de resfriamento

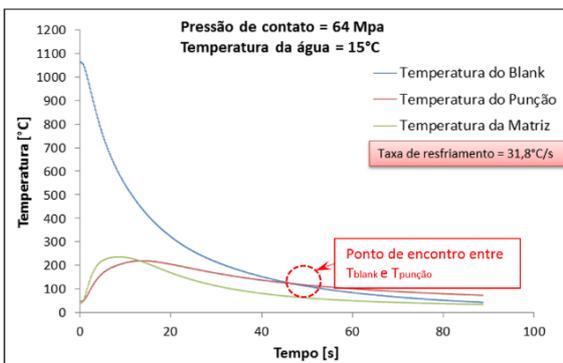
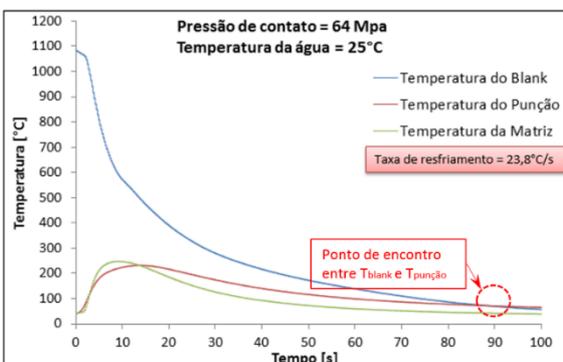


Figura 8 - Perfis de temperatura e taxa de resfriamento



Podemos observar que a taxa de resfriamento acima dos 27°C/s ocorre com a temperatura da água nos canais de refrigeração de 5 e 15°C , e que para temperatura da água de 25°C a taxa de resfriamento é de $23,8^{\circ}\text{C/s}$, o que permite prever a presença de bainita na microestrutura. Outro dado importante que podemos observar é que a aproximação das temperaturas do blank e do punção

acontece em um prazo mais curto de tempo, aproximadamente 30 segundos para temperatura da água de 5°C, 50 segundos para a temperatura da água de 15°C e 90 segundos para a temperatura da água de 25°C. Desta forma, a utilização de baixas temperaturas do fluido nos canais de refrigeração é um bom parâmetro para elevar a taxa de resfriamento do processo de estampagem a quente. Também é visível nos ensaios que a temperatura da matriz é menor em todos os casos, isto pelo fato de ela possuir os canais de refrigeração, o que permite uma maior absorção de temperatura.

Segundo Souza (2013) se o processo não tiver capacidade para impor uma baixa temperatura de resfriamento da água nos canais de refrigeração, é plausível aumentar a pressão de contato para que se possa ter a mesma taxa de resfriamento.

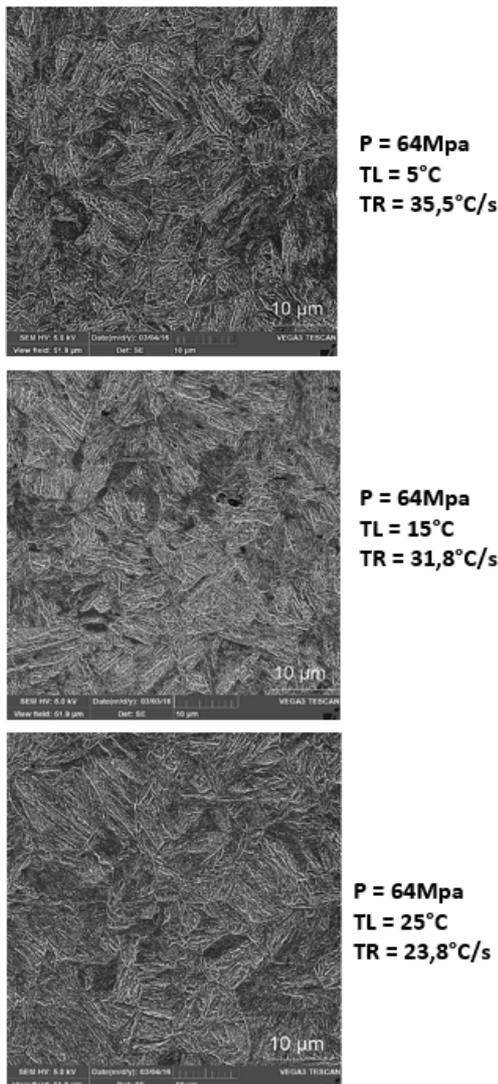
A partir dos resultados visualizados acima, é notória a quantidade de calor acumulada no punção ao decorrer do ensaio devido à ausência de canais de refrigeração. Contudo, ao longo do período de resfriamento, a temperatura do punção tende a entrar em equilíbrio com a temperatura do blank e da matriz, devido ao contato íntimo entre eles.

Desta forma, é relevante o conhecimento da resistência térmica de contato, sendo esta necessária para a solução de problemas de condução de calor onde dois ou mais corpos estão em contato.

4.2. Avaliação Microestrutural

Para as análises metalográficas dos corpos de prova foi utilizado um microscópio eletrônico de varredura (MEV) da marca Tescan, modelo Veja 3LM. Os corpos de prova foram polidos e atacados com reativo nital 4%. Para o ciclo de austenitização que os corpos de prova foram submetidos de 950°C e 5 minutos, buscou-se obter uma microestrutura completamente austenítica e, conseqüentemente, uma microestrutura final composta majoritariamente por martensita. A Figura 9 apresenta a microestrutura obtida para as diferentes combinações de temperatura da água nos canais de refrigeração.

Figura 9 – Micrografias dos corpos de prova após processo de estampagem a quente

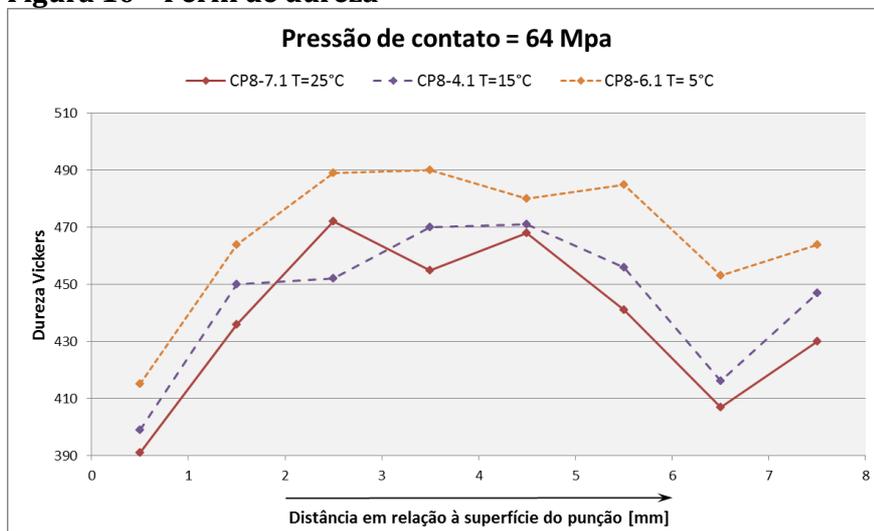


Vale ressaltar que, na Figura 9, as imagens são da região central dos corpos de prova, visto que não se percebe diferença significativa da microestrutura do centro em relação às bordas. Verifica-se que a microestrutura é tipicamente martensítica, de um aço submetido à estampagem a quente, mais a têmpera, uma vez que os grãos aparecem distorcidos, sendo difícil a identificação dos contornos de grão. Assim podemos prever que para velocidade de resfriamento superior a 27°C/s, como exemplo da temperatura da água de resfriamento de 5°C e 15°C, a microestrutura final composta será essencialmente martensítica. Já para uma taxa de resfriamento inferior a 27°C/s, não há tempo suficiente para transformar toda a austenita em martensita, podendo-se observar regiões de bainita (Souza, 2013).

4.3. Avaliação de Microdureza

A Figura 10 apresenta os valores de dureza Rockwell C a fim de obter o perfil de dureza ao longo da espessura das amostras. Foram realizadas 7 endentações com espaçamento de 1 mm, igualmente distribuídas ao longo da espessura das amostras na região central. O ponto inicial das endentações está situado a 1mm de distância da superfície da amostra em relação ao punção. Deste modo, percebe-se uma menor dureza do corpo de prova próxima à superfície de contato do punção, justificada pela ausência dos canais de refrigeração do mesmo, indicando uma menor taxa de resfriamento.

Figura 10 - Perfil de dureza



É evidente através da análise da Figura 10 que, quanto menor for a temperatura da água nos canais de refrigeração, maior será a taxa de resfriamento e como consequência mais estável são os valores de dureza, o que implica em uma microestrutura mais homogênea.

5. Discussão

Com a revisão da literatura podemos identificar que não existe uma única forma para avaliar e selecionar as melhores ideias de inovação para alcançar o maior impacto na organização. Nas abordagens existentes, o potencial disruptivo das ideias de produtos é identificado principalmente retrospectivamente, ou seja, no caso de produtos já lançados no mercado (Weinreich et al., 2022). É necessária uma estrutura prática para ajudar as empresas a desenvolver suas próprias inovações disruptivas, em vez de esperar e enfrentar o dilema de agir contra as inovações ou ignorá-las.

A assertividade depende da compreensão dos colaboradores da empresa tanto do contexto de sua própria inovação quanto do contexto de uma inovação potencialmente disruptiva. Para determinar se uma inovação pode ser potencialmente disruptiva para uma organização, o gerente precisa primeiro identificar uma tecnologia ou característica promissora (Nagy et al., 2016).

No estudo de caso da empresa do setor metalmeccânico pode-se identificar um esforço em ter critérios para a seleção das ideias com probabilidade de maior impacto no resultado da organização, com um desenvolvimento partindo desde a estrutura organizacional, passando pelo *Technology Roadmapping*, até a priorização das ideias com potencial mais disruptivos ou com maior impacto. Visto a procura cada vez mais intensa por redução de peso visando sustentabilidade e diminuição da depreciação de recursos naturais, com conseqüente diminuição no consumo de combustíveis dos veículos comerciais, está ganhando cada vez mais importância, seguindo uma tendência já bastante estabelecida nas estruturas modernas dos automóveis. Enquanto os componentes usados em

estruturas dos automóveis são projetados especialmente para distribuir a carga de impacto para outros componentes estruturais sem danificar a estrutura total do veículo, a principal preocupação no processamento de chapas grossas de aço avançados de alta resistência, especialmente o aço 22MnB5, vem sendo obter peças de alta resistência, sem comprometer a tenacidade e a resistência à fratura. Desta forma, comprovou-se pela análise metalográfica e pelos resultados de dureza que a taxa de resfriamento é afetada pela temperatura da água nos canais de refrigeração, ao passo que as amostras processadas com temperatura da água de 5°C obtiveram as maiores taxas de resfriamento, garantindo assim a qualidade do produto esperado pela empresa.

6. Conclusões

Este trabalho buscou revisar e analisar os modelos propostos pela literatura para desenvolver um modelo para gerenciamento do portfólio de inovação orientado a melhorar o resultado das organizações. Atualmente não temos modelos robustos o suficiente para chegar nesse melhor resultado, e todo esse processo gerencial é fundamental para a sobrevivência das empresas. Conceitos sólidos sobre o planejamento estratégico, parâmetros organizacionais, limites e objetivos de cada organização são fundamentais para realizar as melhores escolhas em inovações. Sabe-se que o recurso destinado para pesquisa, desenvolvimento e inovações entre as empresas brasileiras é limitado, e com a proposta dessa pesquisa conseguimos ter uma maior assertividade na utilização desses recursos.

A metodologia possibilita identificar o potencial disruptivo de ideias de produtos de forma bem estruturada, a fim de persegui-los adequadamente de acordo com seus requisitos técnicos. Além da funcionalidade demonstrada como uma ferramenta de levantamento e priorização de ideias e gerenciamento de portfólio de projetos, o uso dos Mapas de Rotas Tecnológicas possibilitou a maior cooperação entre as diferentes áreas no desenvolvimento de projetos, além de ser um banco de ideias qualificado, uma vez que permite a priorização destas. Arelado a isso, o fomento à interações universidade, indústria e governo também é fortalecido a partir da visibilidade que projetos de alta complexidade e potencial inovador ganham com o uso da ferramenta.

Com base em sua avaliação e priorização, as várias ideias de produtos são agrupadas em um portfólio de inovação, onde as ideias mais promissoras recebem o orçamento necessário para sua realização técnica. A metodologia garante que as inovações disruptivas recebam o orçamento adequado, mesmo que sua avaliação possa parecer menos favorável, por exemplo, devido à alta incerteza.

Por meio de um projeto de doutorado, desenvolvido em uma parceria empresa-universidade, foi possível pesquisar uma ideia que foi priorizada com a utilização da ferramenta. A aplicação do aço estampado a quente em componentes de chassi de caminhões, melhorando conceitos de liga usando 22MnB5 padrão com adições de nióbio e molibdênio, foram desenvolvidos e verificados experimentalmente. Os resultados obtidos apontaram que foi possível garantir um bom comportamento mecânico e metalúrgico, possibilitando a utilização do aço para estruturas de veículos rodoviários comerciais.

Agradecimentos: Partes deste trabalho foram financiadas pela Bruning Tecnometal Ltda, Panambi-RS, CBMM, Araxá-MG.

Conflitos de Interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse. Os patrocinadores fundadores não tiveram nenhum papel no projeto do estudo, na coleta, análise ou interpretação de dados, na redação do manuscrito e na decisão de publicar os resultados.

Referências

- ACCENTURE (Brasil). América Latina: Competências para o Trabalho na Era das Máquinas Inteligentes. [S. l.: Accenture], 2018. Disponível em: https://blog.burh.com.br/wp-content/uploads/2018/10/BURH_Tendencias_para_o_RH_2020_Artigo_Accenture.pdf
- Akerström, P. Modeling and simulation of hot stamping. Doctoral Theses, Lulea University of Technology, Sweden, 2006.
- Bessant, J., Lamming, R., Noke, H., & Phillips, W. (2005). Managing innovation beyond the steady state. *Technovation*, 25(12), 1366–1376. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2005.04.007>
- da Silva, D. O., Bagnob, R. B., & Salerno, M. S. (2014). Models for innovation management: Review and analysis of the literature. *Producao*, 24(2), 477–490. <https://doi.org/10.1590/S0103-65132013005000059>
- Freieck, U. In zwei Wochen zum Serienwerkzeug. *Blech* 2, p.46–47, 2007.
- Fan, D. W., Kim, H. S., & De Cooman, B. C. - A Review of the Physical Metallurgy Related to the Hot Press Forming of Advanced High Strength Steel, *Material Technology*, n° 3, pp. 241-248, 2009.

- Hein, P. A Global Approach of the Finite Element Simulation of Hot Stamping. *Advanced Materials Research*. v. 6-8, p. 763-770, 2005.
- Karbasian H., Tekkaya, A.E. A review on hot stamping. *Journal of Materials Processing Technology*, v210, p.2103-2118, 2010.
- Kirkaldy, J. S.; Venugopalan, D. Prediction of microstructure and hardenability in low alloy steels. *Int. conference on phase transformations in ferrous alloys*, Philadelphia, p. 125-148, 1983.
- Kuhn, D., Kolleck, R. Warmumformung – den höheren Festigkeiten folgend. *MM das Industrie Magazin* 17, p. 86-87, 2006.
- Rasool, F., Koomsap, P., Afsar, B., & Panezai, B. A. (2018). A framework for disruptive innovation. *Foresight*, 20(3), 252-270. <https://doi.org/10.1108/FS-10-2017-0057>
- Clark, K. B., & Wheelwright, S. C. (1992). Structuring the Development Funnel. *Revolutionizing . In Revolutionizing Product Development: Quantum Leaps in Speed, Efficiency, and Quality*. (pp. 111-132). Free Press.
- Hansen, M. T., & Birkinshaw, J. (2007). The innovation value chain. *Harvard Business Review*, 85(n. 6), 121-130.
- Kerr, C., & Phaal, R. (2020). Technology roadmapping: Industrial roots, forgotten history and unknown origins. *Technological Forecasting and Social Change*, 155. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.119967>.
- Li, M. V.; Niebuhr, D. V.; Meekisho, L. L.; Atteridge, D. G. A computational model for the prediction of steel hardenability. *Metallurgical and Materials Transactions*, v. 29B (3): p. 661-672, June 1998.
- Nagy, D., Schuessler, J., & Dubinsky, A. (2016). Defining and identifying disruptive innovations. *Industrial Marketing Management*, 57, 119-126. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2015.11.017>
- OLIVEIRA, Maicon Gouvêa de et al. (2019). Roadmapping: uma abordagem estratégica para o gerenciamento da inovação em produtos, serviços e tecnologias. Alta Books Rio de Janeiro. 208 p.
- Phaal, R. (2004). Technology roadmapping - A planning framework for evolution and revolution. *Technological Forecasting and Social Change*, 71(1-2), 5-26. [https://doi.org/10.1016/S0040-1625\(03\)00072-6](https://doi.org/10.1016/S0040-1625(03)00072-6)
- Souza, F.B.P.; Simulação Numérica do Processo de Estampagem a Quente do Aço USIBOR ® 1500P. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia – UFMG, Belo Horizonte, 2013.
- Steinbeiss, H., So, H., Michelitsch, T., Hoffmann, H. Method for optimizing the cooling design of hot stamping tools. *Production Engineering—Research and Development*, p.149-155, 2007.
- Weinreich, S., Şahin, T., Inkermann, D., Huth, T., & Vietor, T. (2020). MANAGING DISRUPTIVE INNOVATION by VALUE-ORIENTED PORTFOLIO PLANNING. *Proceedings of the Design Society: DESIGN Conference*, 1, 1395-1404. <https://doi.org/10.1017/dsd.2020.155>
- Weinreich, S., Sahin, T., Karig, M., & Vieto, T. (2022). Methodology for Managing Disruptive Innovation by Value-Oriented Portfolio Planning. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 8(1). <https://doi.org/10.3390/joitmc8010048>