

A nova revolução industrial: Tecnologia da informação como habilitadora da customização em massa

The new industrial revolution: Information technology as enabler of mass customization

La nueva revolución industrial: La tecnología de la información como facilitadora de la personalización masiva

Recebido: 21/02/2024 | Revisado: 29/02/2024 | Aceitado: 01/03/2024 | Publicado: 04/03/2024

Luís A. S. Baptista

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4735-8694>

Universidade Federal Fluminense, Brasil

E-mail: lbaptista@id.uff.br

Resumo

O objetivo do trabalho é mostrar uma visão da indústria moderna partindo do conceito da produção em massa e sua evolução ao longo do tempo. Utilizando-se uma metodologia qualitativa, parte-se dos primórdios da criação da linha de montagem por Henry Ford onde se procurava maximizar os recursos produtivos restringindo ao máximo as variações nos processos de fabricação e nos itens ofertados, passando pelos sistemas de qualidade total onde se flexibilizavam os processos produtivos para garantir a constância dos resultados. Finalmente apresenta-se a manufatura flexível atual onde os desejos e necessidades dos clientes reinam incontestáveis. A tecnologia da informação através de seus sistemas de controle e supervisão digitais é apresentada como ferramenta habilitadora dessa nova revolução industrial. O Brasil necessita avançar fortemente nessa tecnologia de forma a voltar a ter um parque industrial de padrão mundial.

Palavras-chave: Revolução industrial; Produção em massa; Qualidade total; Tecnologia da informação.

Abstract

The work aims to show a vision of modern industry based on the concept of mass production and its evolution over time. Using a qualitative methodology, we start from the beginnings of the creation of the assembly line by Henry Ford, where he sought to maximize production resources by restricting as much as possible variations in manufacturing processes and items offered, through total quality systems where production processes are more flexible to guarantee the consistency of results. Finally, today's flexible manufacturing is presented, where customers' desires and needs reign unchallenged. Information technology through its digital control and supervision systems is presented as an enabling tool for this new industrial revolution. Brazil must make strong advances in this technology to have a world-class industrial park again.

Keywords: Industrial revolution; Mass production; Total quality; Information technology.

Resumen

La obra pretende mostrar una visión de la industria moderna basada en el concepto de producción en masa y su evolución en el tiempo. Utilizando una metodología cualitativa, partimos de los inicios de la creación de la línea de montaje por parte de Henry Ford, donde buscaba maximizar los recursos de producción restringiendo al máximo las variaciones en los procesos de fabricación y en los artículos ofertados, a través de sistemas de calidad total donde se controlan los procesos de producción. más flexibles para garantizar la consistencia de los resultados. Finalmente, se presenta la fabricación flexible actual, donde los deseos y necesidades de los clientes reinan sin oposición. La tecnología de la información a través de sus sistemas digitales de control y supervisión se presenta como una herramienta habilitante para esta nueva revolución industrial. Brasil debe hacer fuertes avances en esta tecnología para volver a tener un parque industrial de clase mundial.

Palabras clave: Revolución industrial; Producción en masa; Calidad total; Tecnologías de la información.

1. Introdução

O homem, por suas características básicas, busca a sua individualidade. Quando defrontado com um processo de escolha as pessoas tentem a procurar bens que as diferenciem uma das outras. Isso pode ser observado claramente quando se analisa a indústria do vestuário ou outro qualquer segmento de consumo. Sempre ficamos com a pergunta de por que as pessoas compram, por exemplo, uma caneta de marca conhecida e não uma esferográfica vendida em qualquer papelaria e que custa um centésimo

do preço da outra. Ambas atendem perfeitamente o uso para que foram fabricadas. Relógios de marca são exemplos equivalentes. Relógios que custam o preço de um automóvel têm a mesma precisão e funcionam da mesma forma que relógios simples que são vendidos em qualquer lugar. Na realidade existe um mercado para itens diferenciados em que se paga simplesmente para ser diferente das outras pessoas.

Da mesma forma, as indústrias gostariam de dispor de matérias primas exclusivas. Nesse momento não estamos mais falando de puro desejo cultural, mas nos referimos ao fato que ao especificarmos um componente para um produto gostaríamos de ter um componente que atenda às necessidades desejadas sem apresentar sobras desnecessárias tais como o peso acima do requerido ou sobras de material. Deve ser observado, entretanto, que a variável custo acaba se sobrepondo a todas as outras e, comumente, acaba-se escolhendo um componente que não é exatamente o que se deseja, mas atende e tem um custo menor. Podemos usar como exemplo uma montadora automobilística que ao projetar um para lama de um veículo chega à conclusão que necessita uma chapa de aço com uma espessura de 0,18 mm. Ao ir ao mercado verifica que as siderúrgicas só fabricam chapas com 0,15 ou 0,25 mm. Com isso é obrigada a usar a chapa de 0,25 mm, pois a de 0,15 não resistiria aos esforços previstos. Como consequência o carro ficará mais pesado do que o necessário resultando em menor eficiência no consumo de combustível, mas a alternativa de solicitar um componente exatamente da espessura necessária representaria um custo inaceitável para o consumidor final.

Praticamente todos os executivos hoje entendem a necessidade focar nos clientes. O objetivo do trabalho é mostrar uma visão da indústria moderna partindo do conceito da produção em massa e sua evolução ao longo do tempo. Para tal temos que analisar as características da fabricação industrial e o conceito de produção em massa.

2. Metodologia

A metodologia aplicada no estudo da influência da tecnologia da informação como habilitadora da customização em massa e, assim, criando uma nova revolução industrial é a qualitativa (Pereira et al. 2018) que se caracteriza pela interpretação pela pesquisa do fenômeno em estudo.

Qualquer tecnologia ao ser desenvolvida passa a apresentar duas características que devem ser compreendidas para possamos entender suas limitações e sua influência na vida das pessoas. Primeiro qualquer produto e, por consequência, a tecnologia associada à sua fabricação, inicia-se através de um processo artesanal, único. Segundo, dificilmente compreendemos no início as reais implicações de uma nova tecnologia no ambiente em que vivemos.

2.1 Efeito de escala na produção industrial

Ao se conceber um produto, normalmente procura-se construí-lo de forma artesanal, testando o conceito, sua adequação à finalidade e os melhores métodos de fabricação. Comumente usa-se a expressão de construção de um protótipo. Somente com o passar do tempo, com o aprimoramento das técnicas é que se consolida um método de fabricação e podemos afirmar que dominamos a produção daquele item. Deve ser observado que o conceito hoje enraizado de que necessitamos ter um produto padrão, que existem vantagens enormes na escala de fabricação e outros conceitos hoje considerados básicos não eram conhecidos no final do século XIX. Itens que obviamente deveriam ser iguais para facilitar o uso não o eram. É interessante observar que nas guerras napoleônicas nem os fuzis dos soldados eram iguais. As armas eram produzidas manualmente por armeiros o que fazia com que as peças fossem ligeiramente diferentes, de tal forma que um componente de um fuzil não poderia ser usado em outro. Até mesmo o calibre era ligeiramente diferente o que levava à necessidade de usar projéteis redondos, menores que o cano e fazer o ajuste empregando-se estopas de pano.

Um dos primeiros industriais a observar que um benefício enorme poderia ser obtido na padronização dos componentes foi Henry Ford (Szezerbicki et al. 2004) e resultou na revolução que este desenvolveu na indústria automobilística tornando a

fabricante de um objeto de desejo popular. Na época de Ford, no início do século XX, automóveis eram objetos de luxo fabricados por artífices renomados. No Brasil podemos nos lembrar do veículo que Rui Barbosa trouxe da França, um dos primeiros do país e que hoje se encontra no Museu da Casa Rui Barbosa, no Rio de Janeiro.

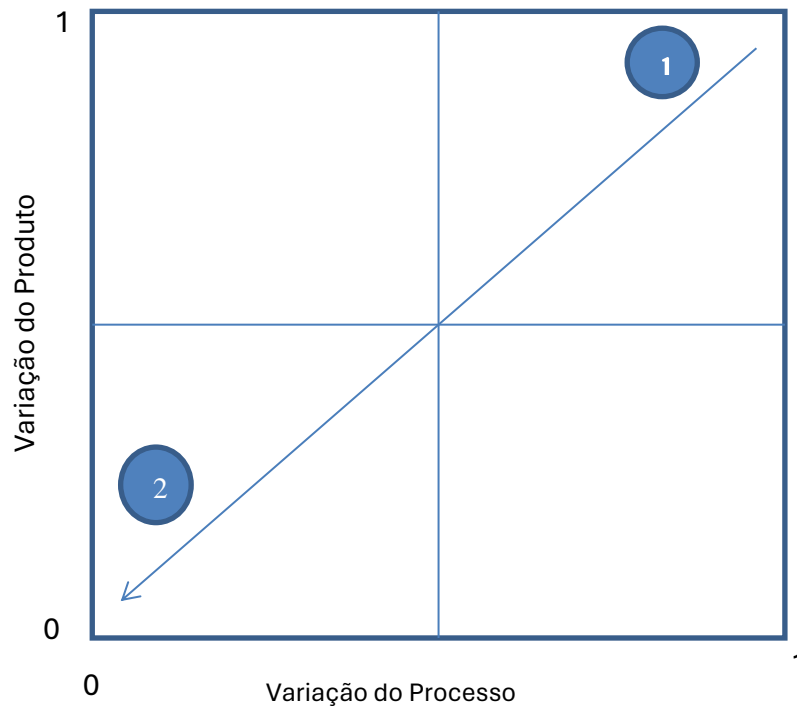
Ford observou que se o veículo pudesse ser montado a partir de peças comuns a todos e produzidas por operários ou equipamentos especializados os custos de fabricação poderiam ser enormemente reduzidos. Em outras palavras, a produção do veículo era dividida em duas fases básicas — fabricação dos componentes e montagem dos componentes — formando o bem final. Com este raciocínio Ford criou o conceito da linha de montagem empregado até hoje em dia. O problema existente nesse raciocínio era que os componentes deveriam ser perfeitamente idênticos e intercambiáveis, algo impossível de ser obtido com os processos artesanais utilizados. Com a tecnologia existente na época, a única forma de se ter a produção de componentes razoavelmente similares era padronizando ao extremo todo o processo fabril, de tal forma que os operários executassem sempre a mesma operação. Em linhas gerais, itens iguais seriam produzidos através da repetição de procedimentos iguais.

Ford levou esse conceito a seus limites e brigava a tal ponto pela padronização de processos e produtos que produziu o mesmo carro por mais de 30 anos e chegou a afirmar que as pessoas podiam comprar o carro Ford de qualquer cor, desde que fosse preto, pois nem a cor ele queria mudar. Embora culturalmente seja fácil observar que esse não é o ideal desejado pelas pessoas, Ford conseguiu produzir um carro por um preço que estava dentro da capacidade financeira da classe média americana no início do século XX e transformou os Estados Unidos da América no país sobre rodas que conhecemos hoje. Os extremos da cultura Ford chegaram a ser tema de filmes como o famoso “Tempos Modernos” de Charles Chaplin onde o personagem trabalha numa linha de montagem e é obrigado a repetir a mesma operação, da mesma forma, acompanhando uma linha de montagem implacável por horas e horas a fio. É interessante ver os engenheiros da firma tentando aumentar ainda mais a produtividade colocando uma máquina que permita ao personagem comer sem parar de executar sua função.

Evidentemente esse raciocínio não consegue ser perfeito já que por mais que se padronizem as operações as variações sempre ocorrem. Tanto as matérias primas não são 100% uniformes quanto as flutuações no processo e no ambiente sempre ocorrem. Na realidade esse fato se enquadra até na atualmente conhecida teoria do caos e por mais que se tente, variações ocorrerão. Para resolver esse problema criou-se o sistema de controle de qualidade clássico onde os componentes são testados sob um critério do tipo “passa / não passa” e produtos que não atendam aos requisitos são descartados. Essa ideia de controle de qualidade gerou toda uma cultura, existente até hoje, com ideias já contestadas, mas ainda bastante enraizadas tais como: melhor qualidade necessariamente representa um maior custo já que nessa visão melhor qualidade significava aperto nos padrões e, portanto, aumento do refugo. É também uma consequência desse processo a dicotomia que apareceu entre áreas de produção e de qualidade, equipes que constantemente se consideravam inimigas, a qualidade só servia para atrapalhar a produção e a culpa de qualquer problema era da produção.

O Gráfico 1 abaixo mostra a evolução do processo industrial sob o efeito de duas variáveis chaves: a variação do produto e a variação do processo.

Gráfico 1 - Quadrantes de Customização.



Fonte: Autoria própria (2024).

O quadrante superior direito é onde todos os produtos iniciam, nele se enquadram todos os protótipos e itens artesanais. Os itens são únicos, não existem iguais e o processo de fabricação também não é padrão e cada um é produzido de uma forma, i.e., tem variação de 100%. Deve ser observado que alguns produtos sempre ficarão nesse quadrante. Obras de arte são únicas, objetos de luxo, vestidos de alta costura e outros. Ford ao criar a linha de montagem trouxe a indústria para o quadrante inferior esquerdo, i.e., da posição 1 para a posição 2. Nesse quadrante os produtos e os processos de fabricação têm a menor variação possível.

A lógica da padronização que permitiu a existência da linha de montagem permeia toda a cadeia produtiva industrial moderna. Em praticamente toda a gama de itens industriais existentes, o paradigma da redução do número de itens a ser produzido é básico em todos os setores industriais. Nos setores que são de capital intensivo (Porter 2021) como é, por exemplo, o siderúrgico, esse fator é primordial já que o custo está fortemente interligado à taxa de utilização dos equipamentos. O custo do capital empregado nos equipamentos é tão grande que o custo de máquina parada é maior que qualquer outro item envolvido. Um exemplo clássico são as companhias aéreas. Observa-se que uma estratégia comumente empregada por empresas que buscam baixo custo operacional é cortar a oferta de refeições a bordo (Torres et al. 2020). Os passageiros normalmente questionam que o custo da refeição é baixo comparado com a passagem e que o efeito deve ser pequeno. O problema é que a companhia aérea não está preocupada com o custo da refeição, mas com o fato que a parada do avião no terminal tem que ser mais longa para limpar a aeronave e repor as refeições. Trocar por um lanche em caixa ou barra de cereais reduz o tempo parado entre voos e permite que o avião que custa alguns milhões de dólares possa ser usado mais vezes reduzindo o custo total final.

2.2 Consequências da tecnologia da informação

A tecnologia da informação surgiu da conjugação da matemática desenvolvida no final do século XIX com a evolução da eletrônica que explodiu com a Segunda Guerra Mundial. A álgebra booleana (Matemática 2005) permitiu o desenvolvimento de máquinas de calcular já no final do século XIX, mas para gerar resultados expressivos necessitou que sistemas rápidos de

comutação elétrica fossem desenvolvidos. A Segunda Guerra acabou levando ao desenvolvimento da eletrônica para aplicação em rádios, sonar e radar e o incentivo para que os primeiros computadores aparecessem já que criou a necessidade de cálculos rápidos para resolver problemas de tiro e de quebra de códigos secretos como o da máquina criptográfica alemã Enigma (Sociedade Brasileira de Computação 2016), o que resultou no que é conhecido hoje como o primeiro computador eletrônico.

No entanto, por muitos anos, o computador foi considerado apenas uma máquina que podia fazer contas rápidas. Em outras palavras, o computador permitia que se fizesse o que sempre foi feito à mão, muito mais rápido.

A demora na compreensão de como uma nova tecnologia realmente pode afetar nosso dia a dia não é um fenômeno raro (Mishra 2019). Grande parte dos inventos que hoje utilizamos normalmente, e que em alguns casos juramos que não podemos viver sem, demoraram a serem compreendidos. Um caso clássico que podemos usar é o fonógrafo. Quando Thomas Edison (Stross 2008) desenvolveu a primeira máquina capaz de gravar e reproduzir sons, as pessoas afirmaram: que realmente era uma máquina fantástica, mas perguntaram: para que servia? Thomas Edison ficou calado por um longo tempo e disse que não tinha pensado muito sobre o assunto, mas que provavelmente seria útil para pessoas que estivessem morrendo gravar seu testamento. Foram necessários quase 30 anos para as pessoas entenderem que o fonógrafo tinha a capacidade de criar toda uma nova indústria de entretenimento permitindo levar as pessoas comuns a música de qualidade, mover grandes fortunas e criar toda uma nova indústria. Exemplos podem ser observados com o desenvolvimento do telefone e o motor elétrico.

Foi somente na década de 1980 que a indústria descobriu que a conjugação de telecomunicações e computadores permitia mudar toda a forma de fazer negócios no mundo. O primeiro país a enxergar e aplicar esse conceito de forma ampla e criar para si uma forte vantagem competitiva foi o Japão. Um caso clássico foi a reação da General Motors (GM) à invasão de carros japoneses nos EUA (Futata, 2005). A empresa GM procurou identificar causas para a crescente entrada de carros japoneses que claramente apresentavam menores preços e melhor qualidade que os fabricados nos EUA. Uma empresa de consultoria contratada identificou que o sistema de compras da GM era extremamente complexo e necessitava muitas pessoas para operar. Contabilizando todas as fábricas no mundo a GM possuía mais do que 26.000 empregados na atividade de compras. Após vários estudos esta empresa de consultoria propôs uma mudança nos processos que permitia uma redução para cerca de 4.000 empregados. A proposta foi considerada um sucesso até que visitaram outra empresa automobilística a Toyota e descobriram que a mesma só possuía uma dezena de funcionários nessa função. Nesse momento ficou claro que o segredo japonês estava no fato de que eles estavam usando os sistemas de computadores e de telecomunicações era possível se levar o conceito da linha de montagem de Ford para um degrau acima.

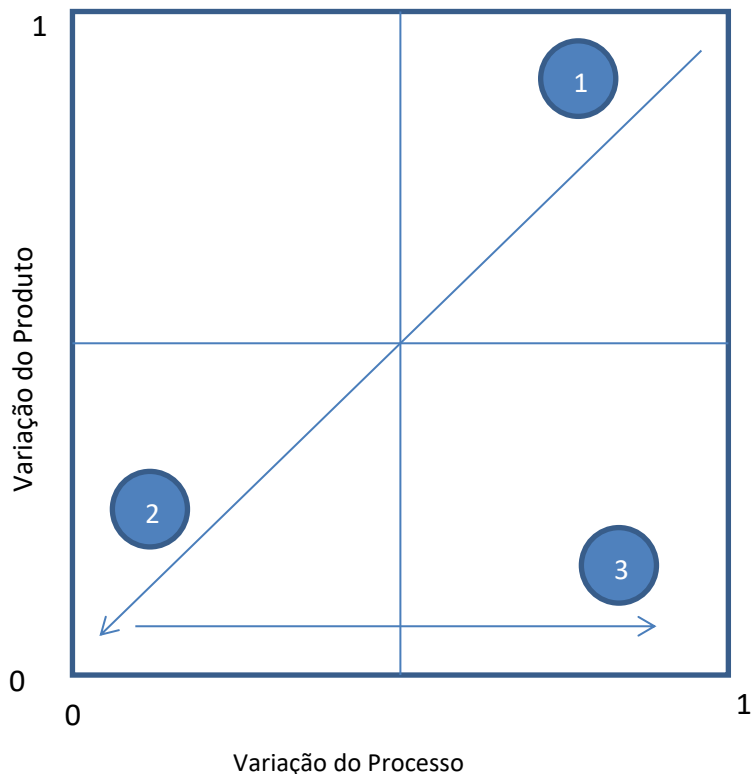
Da mesma forma que Ford enxergou a ideia da linha de montagem usando componentes fabricados em áreas especializadas os japoneses criaram o conceito de que a antiga fábrica de automóveis passaria a ser realmente uma montadora de automóveis. As peças, motores completos, rodas montadas e outros componentes passariam a ser fornecidas por outras empresas especializadas. Não havia mais compra de componentes, mas sim contratos de longo prazo entre empresas criando verdadeiras cadeias produtivas. O que deve ser enfatizado é que isso só é possível se as empresas estiverem interligadas de tal forma que as linhas de produção das várias fábricas envolvidas possam trabalhar de forma sincronizada e sem interrupção, algo que pelos meios tradicionais de controle e comunicação é impossível realizar. É interessante observar que hoje em dia todas as empresas automobilísticas funcionam desta forma sendo até o termo “montadora” o padrão do mercado.

A revolução gerada pela nova tecnologia da informação pós 1980 não ficou somente no processo de gestão, mas acabou mudando diversos conceitos básicos. Se retornarmos ao nosso problema de qualidade, que foi citado anteriormente no item 2.1, os japoneses também realizaram outra revolução através do chamado controle de qualidade total (total quality control - TQC) (Falconi 1992). É interessante lembrar que o conceito na realidade foi desenvolvido por um americano, William Edwards Deming, que não foi compreendido em seu país e encontrou apoio e sua tese quase virou uma ideologia no Japão. A ideia do TQC tem muito a ver com conceito de cliente, posicionamento da empresa em relação a seu produto e outros, mas também tem que ser

entendida como sendo uma ideia que obteve resultado, pois foi implementada no momento certo quando da disponibilidade de ferramentas habilitadoras.

Se voltarmos à figura dos quadrantes de variação processo-produto a ideia básica obtida com o TQC é que o antigo conceito do controle de qualidade do tipo “passa / não passa” é totalmente errôneo. Na realidade o responsável pela qualidade tem que ser o setor que fabrica. A produção tem que evitar a não conformidade e não deixar que ela ocorra para no final ser identificada e o produto descartado por uma área separada de inspeção, gerando custos não recuperáveis. Em outras palavras, o que tem que ser feito é atuar no processo, de forma a se evitar variações no produto. O paradigma de Ford que está sendo quebrado é que o processo não pode ser constante para garantir a constância do componente. O Gráfico 2 abaixo mostra a evolução do processo industrial.

Gráfico 2 – Atuação no processo.



Fonte: Autoria própria (2024).

Na realidade, para o TQC funcionar deve-se realmente promover uma mudança cultural na empresa. Para tal o processo funcionou muito bem no Japão onde a ideia da cooperação, grupos industriais com objetivos comuns, disciplina dos empregados, afinidade e compromisso com a empresa e outras características já eram valores básicos da cultura do país. Por outro lado, foram as tecnologias de controle usando computadores de processo, sensores nas linhas e outros itens habilitados pela tecnologia da informação que permitiram que os operários atuassem no processo de forma adequada. O simples desejo, mudança de posicionamento, métodos de trabalho e outras ações inerentes ao TQC trariam resultados, mas nunca com o efeito que foi obtido na indústria japonesa de uma forma geral com o emprego maciço da tecnologia.

3. Resultados e Discussão

3.1 A indústria siderúrgica nacional

No final da década de 1980 e início da de 90 a siderurgia brasileira começou a sofrer uma forte pressão da siderurgia japonesa. A siderurgia brasileira tinha passado por um processo de expansão fortemente baseado na tecnologia japonesa da época, mas a simples compra de projetos e equipamentos não garante vantagem competitiva ou pelo menos torna essa uma vantagem de curta duração.

O exemplo da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), vivido em boa extensão pelo autor, pode ser usado para tentar entender alguns conceitos relativos à necessidade de tecnologias habilitadora para se atingir o objetivo final. Um bom resumo da história da CSN pode ser obtido no artigo de Fontes e Lamarrão (2006). Na década de 1940, a existência de uma estrutura industrial capaz de manufaturar aço em grande escala era vital para o desenvolvimento nacional em todos os aspectos. O Brasil não conseguia os instrumentos necessários em termos de equipamentos, financiamento e informações porque as nações detentoras da tecnologia não entendiam que haveria qualquer vantagem para elas em repassá-las. Deve ser lembrado que o governo Vargas na época ainda oscilava entre apoiar as potências do eixo e os aliados (Wordpress 2014). Quando o Brasil foi atacado então pendeu para o lado dos aliados. Paralelamente os Estados Unidos da América necessitavam de uma área de apoio para a travessia do Atlântico Sul, de forma a apoiar, com o estabelecimento de um corredor logístico, os combates na África. Caracterizou-se nesse momento a conjugação de interesses necessários para o verdadeiro processo de transferência de tecnologia já que ambas as partes passaram a se considerar aliadas e com um inimigo comum. É interessante notar que nesse caso o problema das sub tecnologias apareceu desde o início. Não bastava fornecer os equipamentos siderúrgicos, mas para que o sistema pudesse funcionar toda uma base industrial complementar teve que ser criada. Deve ser imaginado o Brasil de 1940. Uma siderúrgica para funcionar necessita de toda uma estrutura industrial paralela que não existia no Brasil da época. Ao vermos as instalações da CSN observam-se oficinas mecânicas enormes com capacidade muito superior a encontrada em qualquer outra instalação do mundo, fundições com capacidade de fundir todos os principais componentes de operação tais como cilindros de laminação e “ventaneiras” (Equipamento utilizado para injetar ar em um alto-forno de forma a gerar altas temperaturas. As peças são fundidas em cobre e necessitam alta precisão de fabricação) para os altos fornos. Paralelamente teve-se que construir toda uma estrutura para fornecer matérias primas e o transporte das mesmas e dos correspondentes produtos. Com isso a CSN possuía minas de minério de ferro em Minas Gerais, mina de carvão em Santa Catarina, navios para o transporte do carvão e toda uma infraestrutura que hoje seria considerada como básica do país e não da empresa.

É interessante observar que essa infraestrutura própria, que foi habilitadora do processo de implantação da usina siderúrgica em Volta Redonda, terminou passando de um ativo vital para o funcionamento da CSN para se tornar um preocupante passivo econômico que tornou a empresa não competitiva no futuro. Ao se industrializar o Brasil passou a dispor em setores privados a capacidade industrial que possuía os EUA ou a Europa na década de 1930-40 e que suportava a indústria siderúrgica nesses locais. Ao não reagir e continuar com a estrutura fabril antiga muito abrangente e subutilizada a CSN arcou com um custo que terminou por torná-la não competitiva.

Com o passar dos anos, o poder relativo de se possuir uma indústria siderúrgica diminuiu. Simplesmente produzir aço não bastava. Muitos países já possuíam essa capacidade e a disputa passou a ser feita num mercado de preços muito mais baixos em que o diferencial passou a ser a qualidade e, nos últimos anos, a customização como será comentado posteriormente.

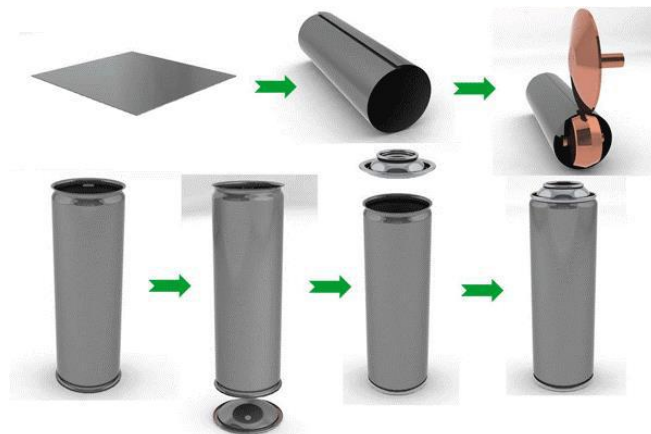
A CSN, nesse mesmo período, passou por um processo de expansão de sua capacidade produtiva e tentou se espelhar no modelo japonês. Na realidade, em vez de adotar equipamentos americanos como na fase original, a expansão da CSN foi totalmente feita baseada em equipamentos japoneses. Nesse momento, porém, a tecnologia habilitadora não era mais a mecânica pesada como anteriormente, mas a tecnologia da informação embutida em seus sistemas de automação e supervisão. Embora nesse momento a indústria brasileira já dispusesse dos recursos necessários para suportar a construção mecânica necessária, e

nesse aspecto deve ser lembrado que grande parte dos equipamentos da usina foi fabricada no Brasil, o diferencial competitivo já não estava lá. Na realidade comprou-se uma tecnologia, mas as sub tecnologias habilitadoras não estavam disponíveis no país. Com o passar dos anos os sistemas se tornaram rapidamente obsoletos e perdeu-se liderança no setor.

Nessa época a CSN vinha sofrendo uma diminuição contínua nas vendas de seu produto mais nobre que era a folha de flandres, chapa fina de aço recoberta eletroliticamente por estanho, usada na fabricação de latas para alimentos. Tradicionalmente o principal uso para esse material no Brasil era o das latas para óleo comestível que vinha sendo paulatinamente substituído pelo recipiente de plástico: o termoplástico tereftalato de polietileno (PET), por razões práticas para o usuário final e devido à migração do cultivo da soja para o centro oeste dificultando a logística das fábricas de latas no estado de São Paulo. Esse processo ocorreu mundialmente, mas no Brasil foi acelerado devido à fragilidade financeira do setor de latas que não conseguiu evoluir para produtos mais modernos.

O substituto natural para a lata tradicional fabricada a partir de três peças de folha de flandres, i.e., fundo, tampa e corpo soldado, como mostrado na Figura 1, era o novo produto de embalagem que surgia para bebidas carbonatadas fabricado a partir de duas peças em que o corpo é produzido por extrusão como mostrado na Figura 2 (as latas encontradas hoje no mercado, mas que são de alumínio aqui no Brasil). O problema era que para a fabricação dessas latas exige-se que a chapa de aço original tenha propriedades muito uniformes. Desuniformidades na chapa levam a geração de latas deformadas. Ao se tentar implantar essa tecnologia no Brasil, os testes mostraram que a chapa produzida na CSN não atendia a uniformidade desejada, i.e., usando uma chapa japonesa funcionava, usando uma chapa nacional não. Ao se analisar o problema verificou-se que se tratava de um problema típico enfrentado por diversos setores da indústria mundial que naquele período sofriam com a concorrência da indústria japonesa.

Figura 1 - Lata tradicional de 3 peças.



Fonte: www.schoolscience.co.uk.

Figura 2 - Lata de 2 peças.



Fonte: <https://www.phase-trans.msm.cam.ac.uk>.

Nesse momento apareceu a “figura” do Professor Vicente Falconi, na época ligado à Universidade Federal de Minas Gerais e que posteriormente fundou a Fundação Don Cabral. Falconi passou a ser o paladino da introdução do TQC no Brasil (FALCONI, 1992). O autor participou dos movimentos iniciais do processo sendo membro, inclusive, da segunda viagem promovida por Falconi ao Japão visando o treinamento de executivos brasileiros no processo. Esse treinamento foi executado pela *Union of Japanese Scientists and Engineers* (JUSE), entidade responsável pelo desenvolvimento do TQC no Japão.

Infelizmente para a CSN, no caso das folhas de flandres, o remédio veio tarde e as latas de alumínio foram introduzidas no país e tomaram o mercado. É curioso lembrar que nenhum executivo da CSN acreditava na época que as latas de alumínio fossem funcionar no Brasil já que essas latas só são economicamente viáveis se houver um processo de reciclagem forte já que o custo deste metal é alto e os problemas ambientais gerados são elevados. As latas de aço, além de não serem prejudiciais ao meio ambiente desaparecendo rapidamente no solo. Além disso, por serem magnéticas, podem ser separadas facilmente do lixo. As de alumínio, por outro lado, só conseguem ser separadas manualmente através de coletas seletivas — o que não faz parte da cultura brasileira — e permanecem intactas no solo por centenas de anos. Porém rapidamente criou-se uma verdadeira indústria de reciclagem baseada em catadores e cooperativas que faz com que o Brasil tenha hoje um dos maiores índices de reciclagem de latas de alumínio do mundo (Brasil 2022).

A implementação do TQC no Brasil apresentou um grande *momentum* nesses anos e contribuiu enormemente para a melhoria da qualidade dos produtos no país. Os problemas encontrados foram em grande parte superados. O principal era entender claramente as diferenças relacionadas com “como” o Japão executava uma atividade e “por que” a atividade era executada. Muitas empresas tentaram introduzir no Brasil atividades idênticas as praticadas pelas empresas japonesas, mas não conseguiam entender que a forma de aplicação estava muito relacionada com a cultura japonesa e, ao tentarem trazer para o Brasil, sofreram reveses enormes, pois os empregados não conseguiam se adaptar às mesmas. O importante eram os conceitos básicos como: o alvo da empresa tem que ser a qualidade, outros objetivos como redução de custo são obtidos como consequência; o responsável pela qualidade é o funcionário que fabrica; e outras mudanças nos paradigmas tradicionais da indústria.

É interessante observar que essas mudanças de paradigma foram rapidamente absorvidas pelos principais centros industriais do mundo. A vantagem competitiva obtida pelo Japão no final do século XX acabou sendo perdida para outros centros de tecnologia e inovação como os Estados Unidos da América e a Alemanha. Embora tenha havido uma mudança brutal nos padrões de qualidade da indústria nacional, essa mudança foi prejudicada no Brasil pela falta de investimentos na tecnologia habilitadora (ou talvez na falta da compreensão de sua importância). Como discutido anteriormente, o conceito básico é permitir que os operadores atuem no processo para evitar as faltas de conformidade, em vez de separar os itens com problema no final. Evidentemente a lógica não é nova, a razão por que Ford queria manter o produto estável mantendo o processo fixo era que em

sua época não existiam ferramentas que permitissem atuar no processo de forma controlada. O que tornou essa mudança possível foi o desenvolvimento de computadores de processo e dos sistemas associados. Como a dependência tecnológica brasileira nesse setor é total, o processo não conseguiu caminhar de forma adequada e, mais uma vez, continuamos sem competitividade no setor.

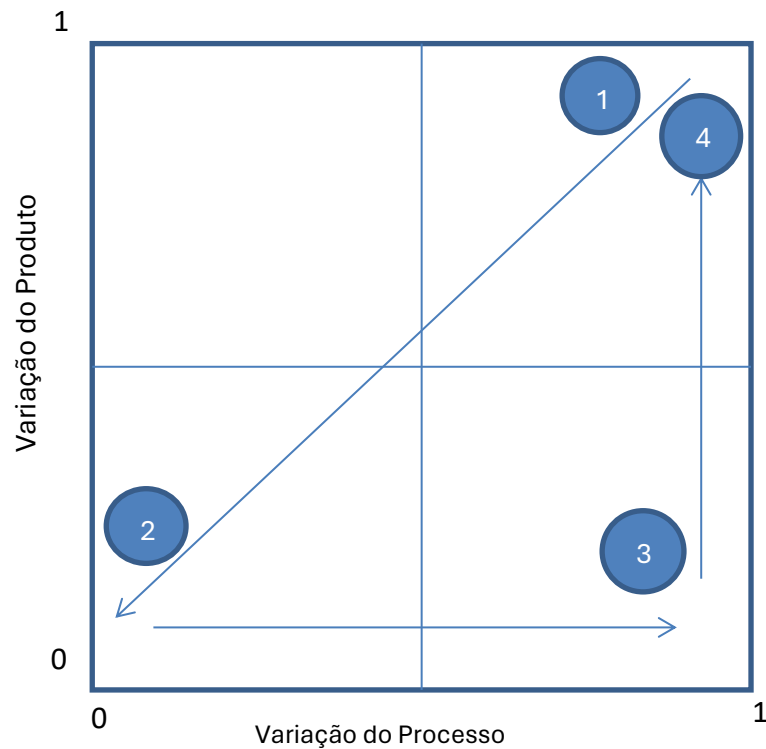
3.2 Nova mudança de paradigma

A Tecnologia da Informação está mudando novamente o paradigma industrial. Observa-se que o Japão criou seu salto de competitividade na década de 1980 através do uso da Tecnologia da Informação mudando radicalmente o modelo da instalação industrial. O Japão criou a ideia da cadeia produtiva com empresas dividindo responsabilidade na produção e a mudança no conceito da qualidade através do TQC. Esses conceitos foram absorvidos rapidamente por outros países igualando novamente os participantes da corrida industrial mundial. A tecnologia permite, porém, se dar um passo além.

Como discutido no início, a ideia dos produtos padrão é uma necessidade imposta pela tecnologia de fabricação nas fábricas e não um desejo explícito dos clientes. Para exemplificar novamente o problema usaremos a laminação de aços planos na siderurgia (Rizzo 2007). A fabricação de chapas de aço passa por se reduzir a espessura do material através do processo de laminação usando cilindros de forma similar à que se usa para produzir massa para pastel ou macarrão. O problema é que o produto tem que ter um acabamento superficial excepcional já que vai ser utilizado, por exemplo, na porta de um carro ou geladeira. Qualquer marca não será coberta por tinta ou outro processo de acabamento e será prejudicial ao aspecto final de um bem. Ao se laminar uma chapa de certa largura, por ser o aço um material duro, a chapa acaba por marcar o cilindro e se tentarmos laminar uma chapa mais larga posteriormente as marcas passarão para a superfície dela. Com isso a prática de fabricação exige que se produzam primeiro materiais mais largos e se vá reduzindo a largura. No fim troca-se o cilindro e se reinicia o processo novamente. Trocas de cilindros implicam em paradas do equipamento e por ser a siderurgia um processo capital intensivo, tem como consequência custos elevados. Com isso a siderúrgica tende a produzir grupos de larguras de chapa limitados e em quantidades específicas. Em outras palavras o cliente raramente consegue a largura exata que desejaria o que leva a perdas de material.

Os europeus e em especial a Alemanha (Thyssenkrupp 2014) foram os primeiros a entenderem que se conseguissem manter as vantagens de custo da produção em massa, mas com uma customização dos produtos criariam uma forte vantagem competitiva com um novo conceito de customização em massa (Gilmore 1997; Pine 1999). Novamente a Tecnologia da Informação foi a ferramenta habilitadora. O que os alemães compreenderam era que os computadores de processo, da mesma forma que podiam atuar no processo de forma controlada para manter o resultado uniforme, também podiam ser usados para atuar no processo para produzir produtos customizados. Com isso as siderúrgicas passaram a fazer parte das cadeias produtivas das montadoras de automóveis, por exemplo. Em vez de fornecerem bobinas padrão de aço, passaram a fornecer formas cortadas e específicas para uma determinada aplicação como o para lama dianteiro do automóvel Gol, da montadora Volkswagen. Houve, então, uma agregação de valor e uma redução significativa na logística dos materiais. O Gráfico 3 mostra este conceito.

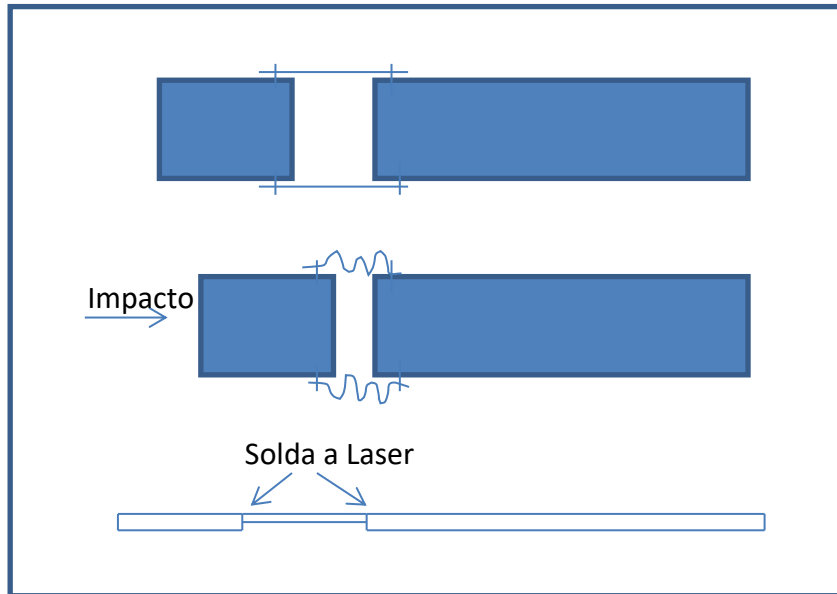
Gráfico 3 - Customização em Massa.



Fonte: A autoria própria (2024).

Evidentemente aqui também as mudanças estão nos processos e na tecnologia. Uma parte está no conceito e que foi difundido rapidamente no mundo e no Brasil todas as grandes siderúrgicas têm hoje centros de processamento para participarem nesse processo (Usiminas 2022). O conceito básico desses centros é a produção customizadas de itens para os clientes, e.g., em vez de fornecer uma bobina de chapa de aço a empresa siderúrgica fornece “blanks” (peças de metal inacabadas para processamento posterior). Desta forma deixa de fornecer uma commodity, recicla a sucata gerada e se vincula ao cliente. Porém a parte que realmente cria o diferencial competitivo está na tecnologia e, para tal podemos também usar o exemplo da siderurgia. Na fabricação de automóveis é necessário se utilizar chapas de espessuras e, portanto, resistências diferentes para formar peças que apresentam características de deformação diferenciada com o objetivo de, no caso de colisão, absorver a energia do impacto e proteger os ocupantes de veículo. Na construção convencional as peças são produzidas por superposição e solda por ponto. Isso leva a áreas superpostas mais pesadas, problemas de infiltração de água exigindo a vedação com borracha e outras operações. Em resumo: mais peso e custo. As siderúrgicas alemãs (Thyssenkrupp 2014) começaram já na década de 1990 a produzir uma forma especial constituída de chapas soldadas de topo a laser que permitiam confeccionar a peça final com uma única operação, sem sobrepeso ou problemas de infiltração. Observe que temos um produto único, customizado para aquele cliente e não mais um item padrão. A Figura 3 mostra de forma esquemática o sistema de fabricação antigo e o novo que permite a construção integral.

Figura 3 - Estrutura Automotiva Deformável.



Fonte: Autoria própria (2024).

Como pode ser visto, a estrutura confeccionada com a nova chapa customizada atinge o mesmo resultado com uma economia significativa de peso e redução de etapas de fabricação.

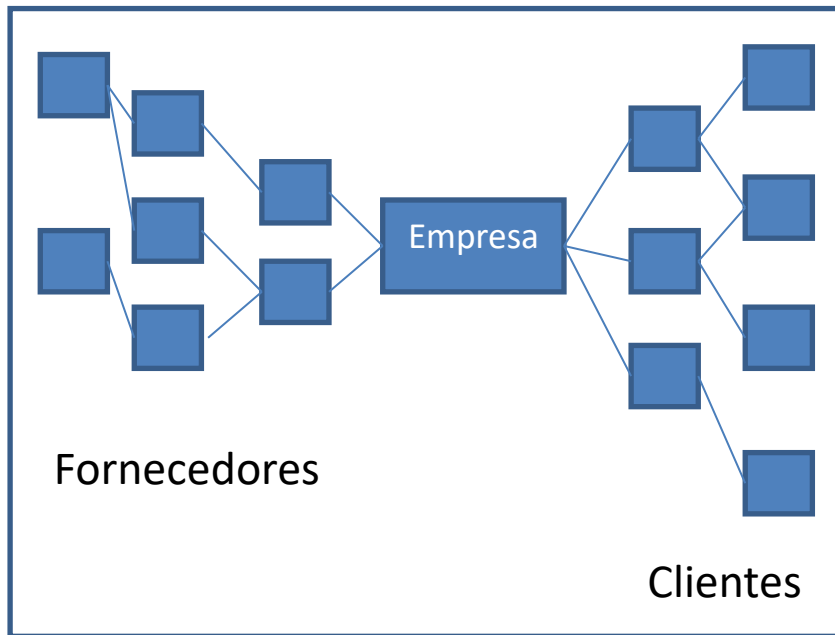
4. Conclusão

A tecnologia da informação é hoje a ferramenta de competitividade da indústria mundial. Se olharmos o cenário em nos encontrávamos em 1980, a produtividade dos países desenvolvidos era cerca de 150% a da indústria brasileira (Mation 2014). Infelizmente, por não dominarmos as novas tecnologias de automação e controle, a indústria nacional vem deixando de garantir um lugar diferenciado no mercado e podemos afirmar que a produtividade dos países desenvolvidos já é 300% maior que a nacional.

Na verdade, a indústria atual é movida pela tecnologia da informação e nenhum setor hoje, seja industrial, agrícola ou humano pode se dar ao luxo de achar que pode sobreviver sem suas implicações.

A indústria mundial evoluiu para estruturas em cadeia onde diversas empresas trabalham em conjunto para atender um objetivo de mercado. Na realidade podemos considerar que qualquer empresa hoje opera com uma rede de fornecedores e atende a uma rede de clientes como esquematicamente é apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Cadeia Produtiva.



Fonte: Autoria própria (2024).

Como pode ser observado na figura a empresa não é mais uma entidade isolada, mas parte de uma rede em que o sucesso depende da atuação correta de todos os elos. Essas redes são hoje mundiais e as barreiras geográficas estão rapidamente desaparecendo.

O conceito de produção em massa continua tão válido quanto este foi criado, mas as tecnologias atuais permitem que essa possa ser obtida mantendo a individualidade das necessidades e desejos dos clientes, criando uma verdadeira customização em massa.

Referências

- Brasil (2022) Índice de reciclagem de latas de alumínio chega a 99% e Brasil se destaca como recordista mundial, <https://www.gov.br/pt-br/noticias/meio-ambiente-e-clima/2022/04/indice-de-reciclagem-de-latas-de-aluminio-chega-a-99-e-brasil-se-destaca-como-recordista-mundial>
- Gilmore, J. H., & Pine, B. J. (1997) The Four Faces of Mass Customization, *Harvard Business Review*, 75(1), 91-102
- Fontes, A. M. M., & Lamarão, S. T. N. (2006) Volta Redonda: história de uma cidade ou de uma usina. *Revista Rio de Janeiro*, (18-19), 241-254.
- Falconi, V. (1992) *TQC Controle de qualidade total*, Bloch Editores.
- Futata, M. D. A. (2005) Breve análise sobre o toyotismo: modelo japonês de produção, *Revista Espaço Acadêmico*, (47), Universidade Federal de Maringá.
- Matemática (2005), George Boole, <https://matematica.br/historia/boole.html>
- Mation, L. F. (2014) Comparações internacionais de produtividade e impactos do ambiente de negócios, https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/livros/livros/produtividade_no_brasil_miolo_cap06.pdf
- Mishra, S. S., (2019), The advent of technology and its impact on the society, <https://ssrn.com/abstract=3598962>
- Pereira, A. S. et al. (2018). Metodologia da pesquisa científica. UFSM. 6.2
- Pine, B. J. (1999) *Mass Customization: The New Frontier of Business Competition*, Harvard Business School Press, Boston.
- Porter, M. (2021), Diferença entre trabalho intensivo e capital intensivo, <https://pt.strephonsays.com/labour-intensive-and-vs-capital-intensive-12633>
- Rizzo, E. M. S. (2007), *Processos de laminação dos aços: Uma introdução*, Editora Blucher.
- Sociedade Brasileira de Computação, (2016), Alan Turing e a Enigma, <https://horizontes.sbc.org.br/index.php/2016/11/alan-turing-e-a-enigma/>
- Scherkenback, W. (1991) *O caminho de Deming para a qualidade e produtividade*, QualityMark.

Stross, R. E. (2008) *The wizard of Menlo Park: How Thomas Alva Edison invented the modern world*, Penguin Random House.

Szezerbicki, A. S., Pitatti, L. A. & Kovalski, J. L. (2004) Henry Ford: A visão inovadora de um homem do início do século XX, UEPG Ci. Hum., Ci. Soc. Apl., Ling., Letras e Artes, Ponta Grossa, 12(2), 105-110.

Torres, V. S., Bergamini, W. T. & Dalto, C. (2020) Análise dos principais custos operacionais das companhias aéreas como estratégia para viabilizar uma empresa de low cost no Brasil, *Interface tecnológica*, 17(2), 437-450. 10.31510/infa.v17i2.937

Thyssenkrupp Tailored Blanks – in Car. http://incar.thyssenkrupp.com/download/Broschueren/TailoredBlanks_en.pdf.

Usiminas (2022) Soluções USIMINAS, <https://www.usiminas.com/empresas/solucoes-usiminas/>

Wordpress (2014) Aliados e o eixo, <https://asegundaguerramundial.wordpress.com/category/aliados-e-eixo/>>