

Substituição de equipamentos: estudo de caso em uma indústria do setor metal mecânico do interior do Estado de São Paulo

Ana Carolina Gandini Panegossi¹, Ethel Cristina Chiari da Silva²

Resumo: A substituição de equipamentos está entre as decisões financeiras mais importantes das indústrias de manufatura, pois a compra de novos equipamentos, normalmente, envolve altos custos e são ações irreversíveis. Há casos em que o equipamento poderá deixar de ser econômico antes de atingir sua vida física e não ser desejável a sua substituição. O objetivo dessa pesquisa é avaliar a substituição de equipamentos em uma empresa de médio porte do setor metal mecânico, localizada no interior de São Paulo. A indústria tem altas despesas de manutenção corretiva não planejada de seus tornos CNC (Comando Numérico Computadorizado), que frequentemente falham, além de gerarem gargalos na produção. No entanto, a empresa não tem fluxo de caixa livre para investimentos, não quer tomar crédito para financiar a aquisição de novos ativos e pretende saber se pode, nesse momento, fazer a baixa sem reposição de dois equipamentos. Para isso, foi realizada uma pesquisa bibliográfica e um estudo de caso. Com o resultado, observou-se que o estudo possibilitou suporte com relação a uma decisão mais assertiva e, como se trata de uma empresa de gestão familiar, esse trabalho também possibilitou aos gestores perceberem como a inserção de ferramentas auxiliares pode tornar o processo de decisão mais seguro e profissional, melhorando a gestão de seus ativos.

Palavras-chave: Viabilidade econômica, Substituição de equipamentos, Manutenção corretiva.

Equipment replacement: case study in a metalworking company in the interior of São Paulo State

Abstract: Equipment replacement is among the most important financial decisions of the manufacturing industry, as buying new equipment usually involves high costs and is irreversible. In some cases, the equipment may cease to be economic before it reaches the end of its physical life and its replacement may not be desirable. The objective of this research is to evaluate the replacement of equipment in a medium-sized metalworking company located in the interior of São Paulo State. The company has high unplanned corrective maintenance expenses because of its frequently failing CNC (Computer Numerical Control) lathes, besides compromising the bottleneck production. However, the company does not have free cash flow for investments, does not want to make a loan to finance the acquisition of new assets and wants to know if it can, at the moment, discard two assets without buying new ones. Therefore, a bibliographic research and a case study were performed. Based on the results, it was observed that the study provided support for a more assertive decision and, as it is a family-run company, this work also enabled managers to understand how the insertion of auxiliary tools can make the decision process safer and more professional, through improving the management of its assets.

Key-words: Economic viability, Equipment replacement, Corrective maintenance.

¹ Graduada em Engenharia de Produção (UFSCar). Mestranda do Programa de Pós-Graduação – Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da Universidade de Araraquara (UNIARA).

² Doutora em Engenharia Mecânica (área: Produção) – EESC/USP. Professora titular da Universidade de Araraquara (UNIARA).

1. Introdução

A substituição de equipamentos produtivos está entre as decisões estratégicas e entre as resoluções obrigatórias ao longo da vida das indústrias de manufatura. Isso ocorre porque a compra de um novo equipamento muitas vezes envolve um custo significativo e pode afetar a produtividade e a competitividade da empresa por vários anos no futuro. E há consequências tanto na substituição prematura de ativos quanto na tardia. Antecipadamente, na recuperação do capital investido, e tardiamente, com os altos custos operacionais e de manutenção, além da depreciação do ativo. A substituição de equipamentos no momento oportuno é uma importante decisão, pois em longo prazo, uma política de substituição errada pode levar uma empresa à falência (NAIR & HOPP, 1992; VALVERDE & RESENDE, 1997; WARSCHAUER, 2010; ABENSUR, 2015).

Quando um equipamento está em uso, há ocasiões que cabem a análise de uma eventual substituição, sendo elas: (i) custo exagerado da operação e da manutenção devido ao desgaste físico; (ii) inadequação para atender à demanda atual; (ii) obsolescência em comparação aos equipamentos tecnologicamente melhores e que produzem com mais qualidade; (iv) possibilidade de locação de equipamentos similares; (v) vantagens exógenas, como crédito facilitado e baixa taxa de juros de empréstimos, subsídios para compra, isenção de impostos, entre outros (MOTTA & CALÔBA, 2002; HIRSCHFELD, 2018).

De acordo com as avaliações econômicas realizadas, várias substituições podem ocorrer ao longo do horizonte de planejamento (limite do prazo constituído pela vida útil remanescente do bem em uso); contudo, a natureza do bem de capital analisado, o orçamento disponível e a política de substituição adotada determina ou limita as possibilidades de reposição. Bens como centros de usinagem tornam quase impraticáveis substituições em curtos períodos de tempo (ABENSUR, 2010).

A indústria estudada neste trabalho é do setor metal mecânico e de médio porte. A empresa não tem recurso disponível para novos investimentos e, preocupada com oscilação da demanda, não quer fazer empréstimos para financiar a aquisição de novas máquinas. No entanto, a indústria pretende saber se pode descontinuar dois de seus tornos, que geram altos custos com manutenção corretiva não planejada. Sendo assim, o objetivo dessa pesquisa é desenvolver um estudo de viabilidade econômica envolvendo a substituição de equipamentos produtivos para, com o desenvolvimento do estudo, auxiliar a empresa em suas substituições de forma mais assertiva.

O trabalho se baseou em uma pesquisa bibliográfica e em um estudo de caso na empresa citada.

O texto está organizado em 5 seções mais as referências. A seção 1 – introdução – apresenta o trabalho expondo o contexto, o problema, a justificativa e o objetivo; a seção 2 – revisão bibliográfica – traz o suporte teórico em que se aborda a substituição de equipamentos; a seção 3 – metodologia da pesquisa – apresenta o método do desenvolvimento desse trabalho; a seção 4 – análise e discussões – traz a coleta, o tratamento e a discussão dos dados coletados; a seção 5 – considerações finais – apresenta as principais observações pertinentes a esse trabalho, e, por fim, têm-se as referências.

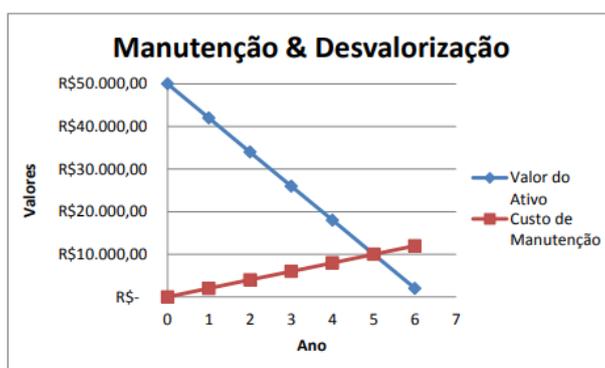
2. Substituição de Equipamentos

Os investimentos têm inúmeros objetivos organizacionais e um deles é a substituição ou obtenção de novos equipamentos. A decisão de investir em ativos reais – como a aquisição

de máquinas, está entre as mais importantes decisões econômicas, pois impacta o futuro da empresa e geralmente são irreversíveis, isto é, não têm liquidez e comprometem o capital da empresa. Considera-se uma decisão de investimento adequada quando a compra vale mais do que seu custo e se o encargo da dívida pode ser suportado com segurança (FONSECA, 2003; FANTI et al., 2015; CASAROTTO FILHO & KOPITTKKE, 2017).

Para Cesca (2017), no segmento industrial, os equipamentos apresentam custos de aquisição bastante elevados e de manutenções crescentes e, com o tempo, os custos de manutenção podem aumentar e equivaler a várias vezes o valor do custo de aquisição do ativo, já que os equipamentos industriais se deterioram com o passar dos anos e, sendo assim, seu rendimento diminui, a frequência das manutenções aumenta e, por fim, seu valor de mercado também diminui.

Segundo Cesca et al. (2012), como mostra a Figura 1, no ano 0 (zero), os custos de manutenção são nulos, enquanto o valor do ativo é alto; com o tempo, é possível ver que o valor de mercado do ativo passa a ser menor do que os custos de manutenção.



Fonte: Cesca et al. (2012, p.2).

Figura 1 – Manutenção e desvalorização de ativos

A norma da ABNT (NBR 5462-1994, p. 7) define manutenção corretiva como: “a manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida”. A manutenção corretiva pode ser subdividida em (i) corretiva planejada e (ii) corretiva não planejada, que é a mais praticada, segundo Kardec e Nascif (2017). A “manutenção corretiva não planejada normalmente implica em altos custos, pois a quebra inesperada provoca perdas de produção, perda de qualidade do produto e elevados custos indiretos de manutenção” (KARDEC & NASCIF, 2017, p. 56).

Além das elevadas despesas, a inadequação para execução das funções requisitadas e a obsolescência tecnológica reduzem a produtividade de uma empresa e, portanto, sua capacidade de se manter competitiva. Para Casarotto Filho e Kopittke (2017), a evolução tecnológica é também um dos motivos para a substituição, já que ela permite que a empresa se mantenha ou melhore sua posição no mercado. Para Assis et al. (2016), em relação às indústrias, a inovação tecnológica está atrelada à necessidade de modernização dos processos produtivos, na busca pela melhoria da produtividade, qualidade e menores custos de produção.

Constatou-se, nos últimos anos, uma grande evolução tecnológica na área metal mecânica, mais precisamente na área de usinagem, ocorrendo grandes transformações nos tornos antigos, manuseados apenas pelo operador, até a introdução de tornos com Comando Numérico Computadorizado (CNC). A necessidade de produzir rapidamente peças complexas e de diferentes geometrias, a busca da melhor relação custo-benefício para seus produtos e serviços, e a evolução da informática, da eletrônica, dos componentes mecânicos e das ferramentas de corte impulsionaram o avanço tecnológico dos tornos CNC, proporcionando, também, a possibilidade de produzir de forma completa, eliminando as operações secundárias (SILVA, 2017).

Na literatura há trabalhos que quantificam os custos de manutenção e a desvalorização de equipamentos com o objetivo de determinar o momento ótimo de reposição; uma parte dos trabalhos encontrados dedica-se ao uso de indicadores de fluxo de caixa (ferramentas da engenharia econômica), enquanto outros trabalhos trazem a metodologia de programação dinâmica (CESCA, 2017).

A engenharia econômica permite analisar problemas complexos, por meio de métodos, que envolvam situações de risco ou incerteza e decisões que demandam coerência estratégica de investimentos (CASAROTTO FILHO & KOPITKE, 2017).

Para Grano e Abensur (2017), uma decisão de substituição de equipamentos leva em consideração modelos de engenharia econômica baseados no fluxo de caixa descontado (FCD), como o custo anual equivalente (CAE). E para Vega e Abensur (2014), o problema da substituição de equipamentos (PSE) exige a mensuração de resultados econômicos para avaliar diferentes alternativas para a tomada de decisão. As principais técnicas empregadas são: (i) valor presente líquido (VPL); (ii) custo anual equivalente (CAE) e (iii) taxa interna de retorno (TIR).

O fluxo de caixa permite conhecer a rentabilidade e a viabilidade econômica do projeto, ou seja, representa a renda econômica gerada pelo projeto durante sua vida útil. A análise de investimento é processada com base em fluxos de caixa, e o dimensionamento desses valores é considerado o aspecto mais importante da decisão (SAMANEZ, 2009).

Para Warschauer (2010), o método do VPL transporta todas as receitas (+) e todos os custos (-) para a data zero. Esse transporte é feito com a “taxa de mercado”, que é o custo do capital para obter financiamento, ou a “taxa mínima de atratividade”, que é a taxa com que pode ser aplicado o capital, se o projeto de investimento não for realizado. Em substituição de equipamentos, esse método calcula os valores presentes dos rendimentos futuros de cada uma das alternativas a fim compará-las, preferindo aquela que tem maior VPL.

O método do CAE transforma todos os pagamentos e recebimentos de capital em uma série de pagamentos iguais equivalentes, adotando uma determinada taxa de mercado. Se a série for positiva, o projeto apresenta lucro; se for negativa, o projeto apresenta custo. Em substituição de equipamentos, o método do custo anual ou custo de produção calcula o custo unitário da produção ou o custo anual de cada alternativa, dando preferência à alternativa que apresenta o menor custo (WARSCHAUER, 2010).

O método da TIR, quando aplicado corretamente a projetos de investimento ou financiamento, calcula a taxa de juros que torna nulo o valor presente de todas as entradas (positivas) somadas aos valores presentes de todas as saídas (negativas). Se a taxa for maior que a taxa de juros do mercado, o projeto é vantajoso; caso contrário, é melhor não

executar o projeto e aplicar o dinheiro no mercado. Em substituição de equipamentos, esse método calcula qual a alternativa que conduz à melhor taxa interna de retorno de renda em relação ao capital investido (WARSCHAUER, 2010).

Os tipos de substituição são: (i) baixa sem reposição; (ii) substituição idêntica; (iii) substituição não idêntica; (iv) substituição com progresso tecnológico; (v) substituição estratégica.

2.1.1 Baixa sem reposição

Em caso de produtos que estão sujeitos a rápido obsolescimento, pode-se decidir suspender a produção e vender o equipamento sem substituí-lo (TORRES, 2010).

Um ativo pode deixar de ser econômico antes de atingir sua vida física e não ser desejável a sua substituição. Neste caso, o critério é manter o ativo por mais um período se o VPL de sua manutenção for maior que zero. O cálculo do número de períodos em que o equipamento deve ser mantido envolve o VPL de manutenção do ativo em todos os períodos até que se obtenha o período i : $VPI < 0$ (CASAROTTO FILHO & KOPITKE, 2017).

2.1.2 Substituição idêntica

Existem equipamentos que são afetados pelo desenvolvimento tecnológico, como as máquinas operatrizes. Esses equipamentos apresentam custos crescentes devido ao desgaste e devem ser substituídos por equipamentos semelhantes, que após um tempo também serão substituídos, e assim por diante; o intervalo entre as substituições é chamado de vida econômica (CASAROTTO FILHO & KOPITKE, 2017).

Para Motta e Calôba (2002), a vida econômica tende para a sua vida útil quando: (i) aumenta a taxa de desvalorização do equipamento, (ii) aumenta o custo de instalação do equipamento, (iii) diminuiu o incremento da função de custo e (iv) aumenta a taxa mínima de atratividade (custo do capital).

Quando não se considera a geração de receita, pode-se usar o Custo Anual Uniforme Equivalente (CAUE), no entanto, no caso de equipamentos de produção, que podem perder, com o tempo, sua capacidade produtiva com efeitos na receita, é mais conveniente usar o Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE) no lugar do CAUE (CASAROTTO FILHO & KOPITKE, 2017).

No caso da substituição por equipamento do mesmo tipo, considera-se que o novo equipamento tem custos de aquisição e de manutenção iguais ao atual, o mesmo rendimento e o mesmo valor de mercado (TORRES, 2010).

2.1.3 Substituição não idêntica

Na literatura norte-americana, usa-se o termo desafiante ou atacante para indicar o novo ativo que possa vir a substituir o ativo existente, que é chamado de defensor. A substituição não idêntica envolve a consideração de um desafiante com características diferentes do defensor, ou seja, do ativo atual. Para se determinar quando o defensor deve ser substituído, é necessária a determinação da vida econômica do desafiante, já que o que apresentar menor CAUE para a sua vida econômica será o escolhido (CASAROTTO FILHO & KOPITKE, 2017).

Neste tipo de substituição, a análise considera a troca por um desafiante com características diferentes e por meio de duas decisões: (i) a existência ou não da troca, avaliando-se os

custos do desafiante e do defensor e (ii) caso haja a troca, analisa-se quando ela deverá ocorrer (STORTTE & JACOMETTI, 2016).

2.1.4 Substituição com progresso tecnológico

Nesse tipo de abordagem, os equipamentos competem entre si, e a existência do desafiante implica a existência de progresso tecnológico. Os modelos anteriores são estáticos pois não consideram o progresso tecnológico, ou seja, o fato de que os equipamentos são constantemente aperfeiçoados (CASAROTTO FILHO & KOPITKE, 2017).

Nesta análise, o constante aperfeiçoamento dos equipamentos incide em custos de obsolescência que são características externas ao ativo, comparando-se os custos de operação do equipamento desejado com os custos de equipamentos que serão lançados (STORTTE & JACOMETTI, 2016).

2.1.5 Substituição estratégica

A substituição estratégica tem sido evidenciada em vários estudos, pois implica em maior variedade de produtos, menor tempo e maior qualidade, tornando o sistema de manufatura mais lucrativo. O modelo que melhor representa essa substituição é estratégico, pois leva em conta a obsolescência de custos dos equipamentos e a obsolescência de mercado e considera o decréscimo do potencial de receita dos equipamentos velhos (CASAROTTO FILHO & KOPITKE, 2017).

3. Metodologia da pesquisa

A metodologia consiste em estudar, compreender e avaliar os vários métodos disponíveis para a realização de uma pesquisa acadêmica; ela examina, descreve e avalia métodos e técnicas de pesquisa que possibilitam a coleta e o processamento de informações, visando à resolução de problemas e/ou questões de investigação (PRODANOV & FREITAS, 2013).

Para a elaboração desta pesquisa, foi utilizado o método de estudo de caso aplicado a uma empresa metal mecânica de médio porte, do interior de São Paulo/SP. A escolha da empresa pesquisada foi realizada de forma intencional, devido ao problema de pesquisa abordado.

Estudo de caso é um estudo de natureza empírica, que consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou mais objetos, permitindo o seu amplo e detalhado conhecimento (GIL, 2002). Para Yin (2001), os estudos de caso tentam esclarecer o motivo pelo qual uma decisão ou um conjunto de decisões foram tomados, como foram implementadas e quais resultados foram alcançados.

3.1 Procedimentos operacionais e coleta de dados

Turrioni e Mello (2012) citam que podem ser utilizadas diferentes técnicas para a coleta de dados: questionários, roteiros, entrevistas, observação e informações de arquivos.

A pesquisa foi desenvolvida em três etapas. A primeira etapa refere-se à definição da estrutura conceitual e teórica, com a análise das informações obtidas. A segunda etapa refere-se à coleta de dados. E por meio das informações obtidas, foi realizada a terceira parte, que é o estudo da viabilidade econômica das substituições sem reposição.

Os procedimentos de coleta foram: a análise documental, levantamento do banco de dados da empresa, levantamento de dados junto às empresas que prestam serviço e venda de peças de manutenção, Contabilidade, Manutenção, Qualidade, PCP (Planejamento e Controle da Produção), prestadores de serviço do ERP (*Enterprise Resource Planning* ou

Sistema Integrado de Gestão Empresarial), que extraíram do ERP todas as informações possíveis, e muitas conversas e reuniões com colaboradores e gestores.

4. Análise e discussões

A seguir, se expõe as etapas da pesquisa realizadas na empresa do estudo.

4.1 Levantamento sobre os equipamentos de produção

Nesse levantamento, foram coletados os valores dos dois turnos, seus valores de manutenção e o quanto geraram de receita, no período de 2014 a 2018. Os valores da receita foram obtidos com mais facilidade, com os dados da Contabilidade, além dos apontamentos (quantidade de peças produzidas) pelo PCP.

Quanto aos números da manutenção, embora houvesse vários apontamentos, eles eram incompletos. Como exemplo, a Manutenção faz o acompanhamento de todas as manutenções internas e externas, o que foi reparado e qual peça foi trocada, mas não faz uma relação com a ordem de serviço (OS) ou nota fiscal (NF); o PCP faz o apontamento de todas as horas improdutivas dos turnos (preparação, limpeza, manutenção corretiva interna e externa, manutenção preventiva, retrabalho, entre outros), mas em termos de valores, só tem os das manutenções internas; o setor da qualidade também faz o acompanhamento das falhas e manutenções preventivas e corretivas, como parte dos requisitos da certificação da ISO 9001:2015, mas também não tem os valores. Então, para levantar com precisão os valores de manutenção, foram verificadas todas as planilhas, todas as ordens de serviço e todas as notas fiscais.

4.2 Estudo da baixa sem reposição

Para este passo, foram utilizadas informações coletadas por meio de reuniões com os gestores, gerente de PCP, da Contabilidade e do Financeiro da empresa objeto de estudo. Os gestores não sabiam responder qual a TMA (taxa mínima de atratividade), então foram utilizadas as taxas Selic (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2019) do final de cada período i ; de todos os anos que foram calculados os VPI 's.

O método utilizado para análise da baixa sem reposição foi o VPL. As equações utilizadas para os cálculos deste método foram feitas no *software* MS-Excel da Microsoft®. Usa-se: VPI (valor presente no período i) = $-\text{valor de venda no período } (i-1) + (\text{receita do período } i - \text{custos do período } i + \text{valor de venda no período } i) / (1 + TMA)$.

O critério para se desfazer das máquinas foi o indicado por Casarotto Filho e Kopittke (2017): o cálculo do número de períodos em que o equipamento deve ser mantido envolve o VPL de manutenção do ativo em todos os períodos até que se obtenha o período i : $VPI < 0$.

Para o turno 1, conforme indica a Tabela 1, o momento ótimo para fazer sua baixa seria ao final de 2017, pois o resultado do VP passa a ser negativo. A empresa descontinuou o turno no começo de 2019, após o resultado de 2018. Pode-se notar que em 2018 o valor dos custos e das receitas foram muito próximos.

ANO	Valor de venda	Custos	Receita	VP	Selic	Data
2014	R\$ 110.000,00	R\$ 27.132,34	R\$ 63.261,10			
2015	R\$ 100.000,00	R\$ 34.736,97	R\$ 63.652,48	R\$ 2.836,33	14,25%	25/11/2015
2016	R\$ 90.000,00	R\$ 36.099,10	R\$ 66.860,51	R\$ 6.163,88	13,75%	30/11/2016
2017	R\$ 85.000,00	R\$ 49.837,80	R\$ 60.220,57	-R\$ 857,22	7,00%	06/12/2017
2018	R\$ 80.000,00	R\$ 51.673,27	R\$ 53.187,69	-R\$ 8.460,64	6,50%	12/12/2018

Fonte: elaboração própria.

Tabela 1 – Cálculo do VP com relação à substituição do Torno 1 com taxa Selic do fim de cada período i, de 2014 a 2018.

Para o torno 2, conforme a Tabela 2, novamente o momento ótimo para fazer sua baixa seria ao final de 2017, quando o VP resultou negativo. A empresa descontinuou também esse torno no começo de 2019, após o resultado. Pode-se notar que em 2018 o valor dos custos e das receitas foram, novamente, muito próximos.

ANO	Valor de venda	Custos	Receita	VP	Selic	Data
2014	R\$ 125.000,00	R\$ 54.264,67	R\$ 126.522,20			
2015	R\$ 115.000,00	R\$ 69.473,94	R\$ 114.574,46	R\$ 15.131,75	14,25%	25/11/2015
2016	R\$ 110.000,00	R\$ 72.198,19	R\$ 106.976,82	R\$ 12.277,91	13,75%	30/11/2016
2017	R\$ 105.000,00	R\$ 99.675,59	R\$ 105.386,00	-R\$ 6.532,32	7,00%	06/12/2017
2018	R\$ 100.000,00	R\$ 103.346,54	R\$ 106.375,38	-R\$ 8.259,31	6,50%	12/12/2018

Fonte: elaboração própria.

Tabela 2 – Cálculo do VP com relação à substituição do Torno 2 com taxa Selic do fim de cada período i, de 2014 a 2018

Como os dois tornos não tiveram reposição, foi realocada a produção realizada pelos dois para outras máquinas. Mesmo tendo sido discutida a possibilidade de falha das outras máquinas e que esses tornos poderiam continuar na empresa por segurança e garantia de uma possível interrupção da produção, a empresa optou por descontinuí-los.

5. Considerações Finais

A empresa estudada se encaixa no grupo das empresas que não tem uma clara política de substituição de seus equipamentos ou de gestão de seus ativos. Essa empresa está inserida em uma realidade que reflete a situação de várias outras, ou seja, mantém equipamentos que podem não ser mais adequados para a saúde financeira e operacional da empresa, e suas despesas de manutenção superam o valor do investimento em novos ativos. Esse trabalho surgiu para auxiliar a empresa a organizar seus dados, realizar a aplicação de um método da engenharia econômica, de forma que ela possa tomar decisões mais assertivas em suas substituições de equipamentos.

Outro aspecto que deve ser mencionado é que a empresa possui uma gestão familiar e muitas decisões não são baseadas em critérios técnicos, e sim, geralmente, baseadas no sentimento ou *feeling* dos gestores. Os resultados deste estudo auxiliou a empresa em sua tomada de decisão com relação à substituição de equipamentos e também mostrou a importância da inserção de diversas ferramentas para uma gestão mais profissional dos negócios.

Recomenda-se às empresas o apontamento e a disponibilidade de dados confiáveis, pois esses são fundamentais para uma boa política de substituição de ativos. Com base nesses dados, podem ser tomadas decisões de investimentos de forma mais ágil e eficaz.

Referências

ABENSUR, E. O. Um modelo alternativo de otimização para a política de reposição de equipamentos. **Sinergia**, São Paulo, v. 11, n. 2, jul-dez 2010, p. 140-150. Disponível em: <<https://ojs.ifsp.edu.br/index.php/sinergia/issue/view/25/44>>. Acesso em: 30 nov 2018.

ABENSUR, E. O. A substituição de bens de capital: um modelo de otimização sob a óptica da engenharia de produção. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 22, n. 3, set. 2015, p. 525-538. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/0104-530X1690-14>>. Acesso em: 29 nov 2018.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462**: confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro, 1994.

ASSIS, M. V. B.; PIRATELLI, C. L.; FRANCO, A. L.; MOTA JUNIOR, A. A.; PERES, C. Análise de viabilidade e risco econômico de investimento na modernização de equipamentos em uma empresa de alimentação coletiva. **Anais do XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, João Pessoa, out 2016. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_228_330_29898.pdf>. Acesso em: 10 jan 2019.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Histórico das Taxas de Juros. Copom - Comitê de Política Monetária. 2019. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/historicotaxasjuros>>. Acesso em: 5 out 2019.

CASAROTTO FILHO, N.; KOPITKE, B. H. **Análise de investimentos**: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial. São Paulo: Atlas, 2017.

CESCA, I. G. Custo de ciclo de vida de equipamentos industriais com programação dinâmica. **Sinergia** (IFSP. Online), v. 18, p. 30-34, 2017. Disponível em: <<https://ojs.ifsp.edu.br/index.php/sinergia/article/view/158/320>>. Acesso em: 29 maio 2019.

CESCA, I. G.; LIMA, G. A. C.; ELIAS JUNIOR, A.; CARVALHO, M. H. Modelo para previsão de custo de ciclo de vida de equipamentos e sua aplicação na gestão de ativos na indústria do petróleo. **Anais Rio Oil & Gas Expo and Conference 2012**. Disponível em: <<https://www.osti.gov/etdeweb/servlets/purl/22082939>>. Acesso em: 29 maio 2019.

FANTI, L. D.; DIAS, T. S.; LUCENA, L. P.; REIS, R. A. D. O uso das técnicas de valor presente líquido, taxa de interna de retorno e payback descontado: um estudo de viabilidade de investimentos no Grupo Breda Ltda. **Desafio Online**, v. 3, n. 2, jan-abr 2015, p. 1.141-1.157. Disponível em: <<http://seer.ufms.br/ojs/index.php/deson/article/view/1251/796>>. Acesso em: 20 ago 2018.

FONSECA, Y. D. Técnicas de avaliação de investimentos: uma breve revisão da literatura. **Cadernos de Análise Regional**, v. 1, p. 40-54, 2003. Disponível em <<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:aM2OIVPKrKMJ:ead2.fgv.br/l5/>>

centro_rec/docs/tecnicas_avaliacao_investimentos.doc+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>.
Acesso em: 20 ago 2018.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

GRANO, C.; ABENSUR, E. Optimization model for vehicle routing and equipment replacement in farm machinery. **Eng. Agrícola**, Jaboticabal, v. 37, n. 5, set 2017, p. 987-993. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162017000500987&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 3 dez 2018.

HIRSCHFELD, H. **Engenharia econômica e análise de custos**: aplicações práticas para economistas, engenheiros, analistas de investimentos e administradores. São Paulo: Atlas, 2018.

KARDEC, A.; NASCIF, J.A. **Manutenção**: função estratégica. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2017.

MOTTA, R. R.; CALÔBA, G. M. **Análise de investimentos**: tomada de decisão em projetos industriais. São Paulo: Atlas, 2002.

NAIR, S. K.; HOPP, W. J. A model for equipment replacement due to technological obsolescence. **European Journal of Operational Research**, North Holland, v. 63, n. 3, 1992, p. 207-221. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.484.9680&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 29 nov 2018.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E, C. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. E-book. 2a edição. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. Disponível em: <<http://www.feevale.br/Comum/midias/8807f05a-14d0-4d5b-b1ad-1538f3aef538/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf>>. Acesso em: 9 set 2019.

SAMANEZ, C. P. **Engenharia econômica**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

SILVA, M. M. D. **Análise da viabilidade de inovação tecnológica do processo de produção de uma empresa metal – mecânica em Maceió – Alagoas**. Salvador, 80 p., 2017. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia. Disponível em: <https://pei.ufba.br/sites/pei.ufba.br/files/manoel_messias.pdf>. Acesso em: 18 set 2019.

STORTTE, J. M. C.; JACOMETTI, M. Aplicação do custo anual uniforme equivalente na identificação do momento ótimo para a substituição de uma colhedora de cana-de-açúcar. **Anais do XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, João Pessoa, out 2016. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_228_330_28855.pdf>. Acesso em: 26 set 2019.

TORRES, O. F. F. Substituição e reposição de equipamento. In: CONTADOR, J, C. **Gestão de Operações**. São Paulo: Blucher, 2010.

TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção**: estratégias, métodos e técnicas para condução de pesquisas quantitativas e qualitativas.

Apostila do curso de especialização em Qualidade e Produtividade. Itajubá, 2012. Universidade Federal de Itajubá. Disponível em: <http://www.marco.eng.br/admin/organizacao-I/Apostila_Metodologia_Completa_2012_%20UNIFEI.pdf>. Acesso em: 20 ago 2018.

VALVERDE, S. R.; RESENDE, J. L. P. Substituição de máquinas e equipamentos: métodos e aplicações. **Revista Árvore**, v. 21, n. 3, jul.-set. 1997, p. 353-364. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=qj6aAAAAIAAJ>. Acesso em: 29 nov 2018.

VEGA, R. D. L.; ABENSUR, E. O. Um modelo de roteamento de veículos aplicado à decisão de substituição de equipamentos: um estudo de caso do mercado automobilístico brasileiro. **Anais do 34º Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Curitiba, PR, 2014.

WARSCHAUER, C. L. Engenharia econômica. In: CONTADOR, J. C. **Gestão de Operações**. São Paulo: Blucher, 2010.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, 2001.