

ANÁLISE DA VIABILIDADE FINANCEIRA DA UTILIZAÇÃO DE SOLDAGEM ORBITAL EM MANUTENÇÃO: UM ESTUDO DE CASO

Israel de Moraes Sperb¹

Fabiano de Lima Nunes²

Fabio Antonio Sartori Piran³

Resumo

Nos últimos anos a economia brasileira vem sofrendo uma desaceleração, com sensível redução dos níveis de produção industrial em todo o país. Para manter a competitividade as empresas têm intensificado a busca por maior eficiência e redução de custos em seus processos internos. Sendo assim esta pesquisa tem como objetivo a análise da viabilidade econômica da aplicação do processo de soldagem orbital em manutenção de fornos de pirólise em uma indústria petroquímica. Este processo visa substituir a soldagem manual, buscando a redução de custos e o aumento da produtividade e confiabilidade das soldas. Este artigo apresenta um estudo de caso de natureza aplicada com método exploratório e abordagem qualitativa em uma indústria petroquímica do sul do Brasil. Este trabalho se baseou na análise de dados coletados na manutenção de dois fornos, em cada um deles foi utilizado um processo de soldagem, o manual e o automatizado. A implantação deste novo processo demonstrou-se viável economicamente já que os ganhos financeiros da soldagem orbital são significativos,

Recebimento: 19/4/2017 - Aceite: 16/3/2018

¹ Graduado em Gestão da Produção Industrial. Universidade Feevale. E-mail: israelsperb@gmail.com

² Doutorando em Engenharia de Produção e Sistemas. Professor de Ensino Superior. Universidade Feevale. E-mail: fabianonunes@fevale.br

³ Doutorando em Engenharia de Produção e Sistemas. Professor de Ensino Superior. Universidade Feevale. E-mail: fabiopiran@fevale.br

apresentando indicadores como o VPL de R\$ 320.568,46 e a TIR de 49%, além de resultar em um Payback positivo no segundo ano de utilização.

Palavras-chave: Solda orbital; Indústria petroquímica; Viabilidade econômica.

ANALYSIS OF THE FINANCIAL VIABILITY OF THE USE OF ORBITAL WELDING IN MAINTENANCE: A CASE STUDY

Abstract

In recent years the Brazilian economy has suffering a downturn, with significant reduction in industrial production levels throughout the country. To keep competitively, companies have intensified the search for greater efficiency and cost reduction in its internal processes. This research aims to analyze the economic viability of implementing the orbital welding process in maintaining pyrolysis furnaces in a petrochemical industry. This process is intended to replace the manual welding, seeking to reduce costs and increase productivity and reliability of the welds. This article presents a case study of nature applied, exploratory method and qualitative approach in a petrochemical industry in southern Brazil. This work was based on analysis of data collected in the maintenance of two furnaces, in each of them a different welding process was used, the manual and the automated. The implementation of this new process it proved to be economically viable since the financial gains of orbital welding are significant, with indicators such as the NPV of R\$ 320,568.46 and IRR of 49%, and resulting in a positive Payback in the second year of use.

Keywords: Orbital Welding; Petrochemical industry; Economic viability.

Introdução

A economia brasileira retraiu no ano de 2016. A expectativa do mercado é que esta retração atingisse em 3,88% e o PIB terá seu maior decréscimo desde 1990. A estimativa em relação à taxa básica de juros, que é um instrumento do Banco Central para conter a inflação, é que ela seja reduzida para 13%, frente aos atuais 14,25% (MARTELLO, 2016).

Em paralelo, os processos industriais estão sofrendo uma revolução tecnológica, as indústrias devem encarar com seriedade esta nova era da engenharia antes que isto se torne uma questão de sobrevivência (ROSÁRIO, 2010). Existe a necessidade de investimentos e ampliação da utilização de novas tecnologias em todos os processos das organizações. Esses avanços tecnológicos são mais bem vistos internamente nos setores chamados produtivos em detrimento de setores “de apoio”. Nestes setores é mais fácil perceber a importância da otimização de resultados, ampliando a produção ou reduzindo retrabalho nos processos por exemplo. Porém é necessário perceber a necessidade de inovação em setores como, por exemplo, na manutenção.

Nas indústrias de processamento, grande parte dos equipamentos opera em regime contínuo e não podem ser desligados sem o comprometimento dos níveis de produção. Durante o seu funcionamento em operação normal, ocorrem desgastes devido à corrosão, erosão, fadiga, etc. Após um determinado período, a capacidade de produção com segurança é perdida ou reduzida surgindo assim a necessidade de recondicionamento desses equipamentos (MOSCHIN, 2015).

Este trabalho apresentará uma análise sobre a aplicação de um novo procedimento de realização de manutenção, especificamente a soldagem de tubos em fornos de pirólise. Este processo é uma alternativa ao procedimento atual, em que a solda é feita de forma manual.

Verificar e analisar a utilização deste processo torna-se importante, pois pode apresentar uma alternativa para empresas que queiram melhorar seus procedimentos de soldagem. Para o pesquisador, este trabalho é significativo, pois permite a aplicação de conceitos e ferramentas aprendidas no curso de graduação, verificando a pertinência de sua utilização. A justificativa acadêmica deste artigo foi verificada através de pesquisa bibliométrica com base CAPES, demonstrando a relativa escassez de trabalhos relacionados a estes temas e demais assuntos referentes a processos contínuos.

A partir desse contexto, esse artigo visa responder a seguinte questão de pesquisa: “como a alteração do processo de soldagem manual pelo processo de solda mecanizado e orbital podem ser viáveis

economicamente em uma empresa petroquímica do Sul do Brasil?”. Esse trabalho tem como objetivo geral verificar a viabilidade financeira da utilização de máquina de solda orbital na soldagem de tubos da radiação em fornos de pirólise em uma empresa. Esta pesquisa tem os seguintes objetivos específicos: (a) descrever o processo de soldagem atual; (b) comparar os custos entre o processo de soldagem manual e mecanizado e; (c) calcular a viabilidade econômica da alteração do processo atual para o processo mecanizado.

Referencial Teórico

Manutenção

Devido ao desenvolvimento da economia globalizada, pode-se notar uma alta da demanda por produtos e sistemas de maior capacidade e melhor desempenho, também sendo exigida a redução dos custos de produção. A partir da necessidade das empresas de reduzir a probabilidade de falhas de seus equipamentos, vem-se dando mais ênfase à manutenção e a confiabilidade (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009).

Para uma empresa se tornar competitiva, é preciso que o setor de manutenção reaja rapidamente às mudanças de cenário, a manutenção agora está diretamente vinculada aos prazos de produção e à qualidade final dos produtos. A evolução da manutenção pode ser descrita em cinco gerações diferentes, cada uma representando um período histórico diferente e com necessidades distintas, são elas (PINTO; NASCIF, 2013):

Primeira geração: Consiste no período antes da Segunda Guerra Mundial, as indústrias eram pouco mecanizadas e utilizavam equipamentos simples e robustos que por vezes eram superdimensionados. A produtividade não era uma prioridade nas empresas, existia a visão que os equipamentos se desgastavam com o tempo e invariavelmente falhariam em algum momento sendo assim os reparos só ocorriam após a quebra, ou seja, a manutenção era essencialmente corretiva.

Segunda geração: Compreende o período posterior a Segunda Guerra até os anos setenta, no momento em que a demanda por produtos industrializados cresce rapidamente, necessitando maior complexidade e mecanização dos processos produtivos. Devido ao aumento da dependência de máquinas na indústria, e a necessidade de melhorar a disponibilidade destes equipamentos, surge o conceito de manutenção preventiva e surgiram sistemas de planejamento e controle da manutenção além de estudos para melhorar os projetos e aumentar a vida útil dos equipamentos.

Terceira geração: A paralisação da produção nas indústrias e a consequente redução do volume produzido é fonte de preocupação das

empresas neste período, tendo em vista a tendência mundial das manufaturas trabalharem com sistemas *just-in-time (JIT)*. *JIT* utiliza pequenos estoques para suprir a produção em andamento, nestes casos, a não entrega de um componente pode paralisar toda a produção de um produto.

Quarta geração: Algumas características da terceira geração se mantêm, a disponibilidade ainda é uma das medidas de desempenho mais importante para os setores de manutenção. A engenharia de manutenção se desenvolve dentro das empresas tendo como principais justificativas de sua existência a garantia da disponibilidade, confiabilidade e manutenibilidade dos equipamentos. Para intervir cada vez menos nas plantas e linhas de produção, ocorre o uso intensivo de técnicas de manutenção preditiva e monitoramento constante das condições dos equipamentos, gerando assim uma tendência de redução na utilização de manutenção preventiva e na necessidade de parada de produção.

Quinta Geração: São mantidas as práticas adotadas na quarta geração, mas para obter competitividade é desenvolvido o conceito de Gestão de Ativos que promove a sinergia de diversos setores da empresa, permitindo que os ativos produzam em sua capacidade máxima, sem falhas não previstas de forma a obter o melhor retorno sobre ativos (ROA) possível.

A maior complexidade e elevada produtividade das máquinas nas indústrias aumentou a exigência pela disponibilidade destes equipamentos, aumentando consideravelmente os custos de inatividade ou de subatividade, sendo assim não basta apenas ter instrumentos de produção, é preciso saber utilizá-los de forma racional e produtiva, neste cenário a manutenção aparece como função do organismo produtivo (VIANA, 2013).

As atividades de manutenção existem para evitar a degradação dos equipamentos e instalações, causada pelo seu desgaste natural e pelo uso. Esta degradação se manifesta de diversas formas, desde a aparência externa ruim dos equipamentos até perdas de desempenho e paradas da produção, fabricação de produtos de má qualidade e poluição ambiental (XENOS, 2004).

A atividade de manutenção deve estar integrada de forma eficaz ao processo produtivo, contribuindo nos resultados operacionais. Somente a complementação entre setores, com troca de informações de forma rápida e precisa pode permitir a excelência operacional. A visão das empresas deve ser de que a manutenção existe para que não ocorra manutenção, ou seja, não devem ocorrer correções não planejadas nos equipamentos, o pessoal desta área deve estar cada vez mais qualificado e com melhores equipamentos para prever e evitar futuras falhas (PINTO; NASCIF, 2013).

Esses autores apresentam os benefícios da manutenção quando bem executada, são eles:

- Aumento da disponibilidade;
- Aumento do faturamento e lucro;
- Aumento da segurança pessoal das instalações;
- Redução da demanda de serviços;
- Otimização de custos e;
- Preservação ambiental.

A confiabilidade está associada à bem-sucedida operação de um sistema ou produto, com ausência de falhas, ou seja, a confiabilidade nada mais é do que a probabilidade de um equipamento apresentar falha, neste caso, quanto menor a probabilidade maior a confiabilidade do mesmo. A confiabilidade é percebida durante um período de tempo, ou seja, para observar a confiabilidade, é necessária a análise de um equipamento ou sistema durante um período determinado, sendo assim, é possível verificar se o objeto de análise é mais ou menos confiável que outro (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009).

Sendo assim a manutenção exerce papel estratégico dentro das organizações. No cenário atual, com a economia globalizada e alta competitividade onde mudanças ocorrem em alta velocidade, a manutenção, como uma das atividades fundamentais do processo produtivo, precisa ser um agente proativo, não permitindo improvisos e arranjos e deve sempre estar promovendo características como competência, flexibilidade, criatividade, cultura de mudança e trabalho em equipe (PINTO; NASCIF, 2013).

Tipos de Manutenção

Os diversos tipos de manutenção devem ser considerados como estratégias ou políticas da manutenção sempre que a sua aplicação e forma de atuação sejam definidas gerencialmente ou quando são políticas globais da instalação baseadas em dados técnicos e econômicos. A manutenção pode ser dividida em (PINTO; NASCIF, 2013):

Manutenção corretiva: Este método sempre é utilizado após o acontecimento da falha. É o método mais conhecido e implica em danos à máquina, tornando-o o modelo mais dispendioso (SANTOS, 2010).

Do ponto de vista econômico, a manutenção corretiva é mais barata do que prevenir falhas, porém é possível que gere grandes perdas por interrupções produtivas. Mesmo que a manutenção corretiva seja escolhida por ser mais econômica, é importante que não se conforme com a ocorrência de falhas. Deve haver esforço para identificar e tratar com

precisão as causas principais das falhas, evitando a reincidência (XENOS, 2004).

Utilizar apenas manutenção corretiva leva à uma contínua e lenta degradação das máquinas e equipamentos podendo gerar perda de produção, risco à integridade das instalações, risco de degradação ao meio ambiente podendo até mesmo trazer riscos à vida humana (BRANCO FILHO, 2006).

Manutenção preventiva: A finalidade da manutenção preventiva é a verificação contínua da funcionalidade das máquinas e equipamentos, evitando a manutenção corretiva (CUNHA, 2013). A manutenção preventiva ainda pode ser dividida em duas subcategorias: manutenção sistemática ou programada que ocorre de acordo com o tempo ou o número de ciclos realizados pelo equipamento, acontece sempre em intervalos fixos, é principalmente utilizada para reduzir falhas em situações em que não é possível perceber a degradação dos componentes e manutenção condicional que é realizada somente quando o equipamento realmente precisa, falhas iminentes são percebidas através da comparação de parâmetros mínimos com resultados de inspeções, que podem ser através de instrumentos ou de sentidos humanos (VIANA, 2013).

Manutenção preditiva: A manutenção preditiva não visa à eliminação dos métodos anteriores, mas sim minimizá-los de forma prática, técnica e objetiva, através do monitoramento de parâmetros por meio de instrumentos de instrumentação adequados (SANTOS, 2010).

As tarefas de manutenção preditiva visam acompanhar através de medições, monitoramento ou por controle estatístico o estado da máquina ou de suas peças, tentando prever a proximidade da ocorrência de uma falha. O objetivo principal é determinar o tempo correto para realizar a intervenção, utilizando o máximo da vida útil dos componentes e evitando inspeções e desmontagens (VIANA, 2013).

O processo de manutenção deve ser analisado através de medições que demonstrem a eficácia dos procedimentos, verificando despesas para reduzir os custos internos, já que um planejamento de manutenção bem feito resulta em aumento de produtividade (CUNHA, 2013).

Soldagem

Soldagem é o processo de união de duas partes metálicas com o uso de uma fonte de calor, com ou sem a aplicação de pressão, sendo a solda o resultado deste processo (WAINER; BRANDI; MELLO, FÁBIO, 2011).

Os métodos de união dos metais são divididos essencialmente em duas categorias: as uniões macroscópicas, nas quais se enquadram a

rebitagem e a parafusagem por exemplo, e as uniões microscópicas, aquelas em que ocorre a aproximação dos átomos ou moléculas das peças unidas, ou união destas com um material intermediário, são exemplos deste tipo de união: brasagem, colagem e soldagem (MARQUES; MODENESI; QUEIRÓZ, 2009).

A soldagem teve seu grande impulso durante a Segunda Guerra Mundial, devido à fabricação de aviões e navios. Atualmente os processos de soldagem são largamente utilizados para a fabricação de produtos e estruturas metálicas, navios, locomotivas, pontes, prédios, gasodutos, oleodutos, plataformas marítimas, reatores nucleares, trocadores de calor, componentes eletrônicos etc. (WAINER; BRANDI; MELLO, FÁBIO, 2011).

Por ser um processo de soldagem por arco elétrico com proteção gasosa, a zona da poça de fusão deve ser protegida da contaminação atmosférica, para isso são utilizados gases inertes como Hélio, Gás carbônico e o Argônio, podendo também ser utilizada uma mistura destes gases (TANIGUCHI; OKAMURA, 1982).

O processo de soldagem TIG (*Tungsten Inert Gas*) é a união que se dá pelo aquecimento de metais com uso de um arco entre um eletrodo de tungstênio não consumível e a peça a ser soldada. A soldagem TIG utiliza um eletrodo puro ou de liga de tungstênio e pode ser feita com ou sem a adição de material, quando aplica metal de adição, este não é transferido pelo arco, mas sim fundido por ele (CUNHA, 2013).

O processo TIG também conhecido como GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) se tornou uma ferramenta indispensável para várias empresas devido à alta qualidade das soldas produzidas e o baixo custo dos equipamentos (CONNOR; O'BRIEN, 1991).

A soldagem TIG é dos processos de soldagem mais versáteis em termos de espessuras e ligas soldáveis, além de produzir soldas de alta qualidade. Este tipo de soldagem é utilizado principalmente na união de metais difíceis de serem soldados por outros processos, quando existe a necessidade de um controle rigoroso do calor cedido à peça e principalmente quando a qualidade da junta é mais importante que seu custo de produção (MARQUES; MODENESI; QUEIRÓZ, 2009).

Vantagens do processo de soldagem TIG (CONNOR; O'BRIEN, 1991):

- Soldas de qualidade superior, geralmente livre de defeitos;
- Sem ocorrência de respingos, presentes em outros processos de soldagem por arco elétrico;
- Pode ser utilizado com ou sem material de adição, dependendo de sua aplicação específica;
- Permite excelente controle da penetração no passe de raiz;

- Pode realizar soldas autógenas (sem adição de material) baratas com grande velocidade;
- Utiliza fontes de alimentação de baixo custo;
- Permite um controle preciso das variáveis da soldagem;
- Pode ser utilizada com a maioria dos metais, incluindo soldas dissimilares e;
- Permite o controle independente de aporte térmico e adição de material.

Já as limitações percebidas pela *American Welding Society* (CONNOR; O'BRIEN, 1991) são:

- A taxa de deposição é menor que no processo de soldagem por eletrodo revestido;
- Exige maior destreza e habilidade do soldador em relação aos processos MIG/MAG e eletrodo revestido;
- É menos econômico que o processo de soldagem por eletrodo revestido em espessuras maiores que 10mm e;
- Dificuldade de proteger a poça de fusão em ambientes descobertos.

A pressão para reduzir custos e aumentar a produtividade da mão de obra está levando muitas empresas a investirem em automação, inclusive de soldagem. Isso reduzirá a demanda por soldadores já que muitos trabalhos repetitivos estão sendo automatizados, porém também surgirá no mercado a necessidade de contratação de soldadores que montam, operam e programam estas máquinas, proporcionando uma oportunidade profissional (GEARY; MILLER, 2013).

Automação da soldagem

Os sistemas ou conjuntos de equipamentos eletrônicos e/ou mecânicos que controlam seu próprio funcionamento, sem ou com o mínimo de intervenção humana são chamados de sistemas automáticos. Em soldagem a classificação do processo se dá pelo tipo de atividade necessária para a confecção de uma união soldada (MARQUES; MODENESI; QUEIRÓZ, 2009).

A soldagem orbital é um processo de soldagem TIG automatizado utilizado principalmente em tubos de alta pressão em aplicações aeroespaciais, em tubos de alta pureza utilizados na fabricação de semicondutores e tubos das indústrias farmacêuticas e de alimentos (CONNOR; O'BRIEN, 1991).

Neste tipo de técnica o arco elétrico é rotacionado em volta da junta soldada do tubo por um sistema mecânico, tornando o processo mais preciso, confiável e fácil que a soldagem manual. Com esse processo é

possível que seja feito um grande número de soldas iguais, reduzindo significativamente o número de erros e reparos (THULUKKANAM, 2013).

Os sistemas de soldagem orbital possuem controle computadorizado o que permite que os parâmetros de soldagem sejam salvos na memória da máquina e utilizados conforme a aplicação específica (CONNOR; O'BRIEN, 1991). O processo orbital deve ser utilizado quando (RAYAPROLU, 2012):

- O tubo que a ser soldado não pode ser girado e/ou alguma parte não é acessível;
- Existir restrições de acesso ao equipamento de soldagem;
- O soldador não conseguir manusear a tocha ou não enxergar a junta e;
- Não é possível fazer inspeção interna em cada uma das juntas soldadas.

As vantagens do processo de solda Orbital (MARLOW, 2002):

- Produz soldas de alta qualidade com a parte interna lisa, evitando o acúmulo de detritos no interior da tubulação;
- Pode ser totalmente automatizada, com monitoramento dos parâmetros durante a soldagem além de permitir a documentação dos parâmetros utilizados;
- A qualidade da solda não depende da habilidade manual do soldador;
- É mais rápido que o processo de soldagem TIG manual e;
- Permite a soldagem em locais de difícil acesso e com limitação de espaço.

As desvantagens da utilização do processo TIG Orbital (CONNOR; O'BRIEN, 1991):

- Requer um grande volume de soldas para justificar o setup da máquina;
- É necessário fazer o esquadrejamento do bisel⁴, não sendo permitido aberturas e;
- Baixa produção devido ao setup (troca da máquina para outro tubo).

A automação de soldagem é muito ampla e promissora, sendo tópico de vários trabalhos de pesquisa e projetos. No entanto já existem algumas áreas onde a automação é consagrada e apresenta resultados satisfatórios, com por exemplo a soldagem de peças automobilísticas, navais e de caldeiraria pesada além de soldagem estrutural pesada, fabricação de perfis e pontes (MARQUES; MODENESI; QUEIRÓZ, 2009).

⁴ Chanfro presente nas extremidades de tubos que serão soldados, o ângulo e o tamanho do bisel variam conforme a espessura do tubo (TELLES, 2003)

Análise financeira

As empresas devem estar preparadas para enfrentar a competição global, devendo então investir em inovação, novos equipamentos, processos e tecnologias. Os projetos de investimentos podem ser classificados da seguinte forma (BORDEAUX-REGO, 2015).

Expansão: aquisição de ativos para aumentar a produção ou participação no mercado por meio de novas unidades, instalações fabris, máquinas, equipamentos ou veículos;

Substituição: substituir ou renovar ativos que estejam obsoletos, reposição ou atualização tecnológica;

Modernização: adaptação ou recondicionamento de máquina ou instalação para maior eficiência e;

Intangíveis: gasto com propaganda, pesquisa, treinamentos e serviços de consultoria.

A análise financeira contempla a projeção dos custos, receitas e despesas, identificando o impacto do projeto no capital de giro e no fluxo de caixa, fazendo as projeções devidas. Para análise do fluxo de caixa, recomenda-se calcular (TREFF; BATTISTELA, 2013).

VPL - Valor Presente Líquido: verifica qual o valor presente do projeto conforme um retorno esperado em um determinado período. O projeto é viável quando o VPL se mostra positivo. Para o cálculo do VPL, aplica-se a equação apresentada na Equação 1.

$$VPL = \frac{FC1}{(1+K)^{n+1}} + \frac{FC2}{(1+K)^{n+2}} + \frac{FC3}{(1+K)^{n+3}} + \dots + \frac{FC6}{(1+K)^{n+6}} \quad (1)$$

TIR - Taxa Interna de Retorno: relaciona o valor investido com o resgatado ao fim do investimento, é a taxa utilizada para trazer o valor final do investimento para o presente. A equação para TIR é apresentada na Equação 2.

$$0 = FC0 + \frac{FC1}{(1+TIR)^1} + \frac{FC2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{FCn}{(1+TIR)^n} \quad (2)$$

VFL - Valor futuro líquido: Determina qual será o valor do dinheiro após um período de tempo aplicado à uma taxa de juros. A sua equação é apresentada na Equação 3:

$$VFL = VPL \times (1+K)^n \quad (3)$$

No setor privado, sempre existe a opção de investir os recursos da empresa no mercado financeiro, isso quer dizer que o retorno de um projeto deve ser maior que o retorno do mercado, a taxa mínima de atratividade compara de forma direta a lucratividade do empreendimento com possíveis retornos do mercado financeiro (LAPPONI, 2000).

A taxa mínima de atratividade (TMA) é um parâmetro de comparabilidade utilizado na análise de investimentos, correspondendo a taxa de desvalorização imposta a um ganho futuro, sua escolha exige cuidado, já que um mesmo investimento pode apresentar resultados diferentes devido a TMA escolhida. A TMA é o retorno mínimo que a empresa deseja ganhar em um determinado investimento (CAMARGO, 2007).

O payback ou tempo de retorno é o período necessário para recuperar o investimento inicial, ou seja, quantos anos precisa-se esperar até que os fluxos de caixa de um investimento sejam iguais ou maiores do que o custo inicial do investimento. O payback ignora o valor do dinheiro no tempo, existe uma variável do payback que corrige isso, apresentando um resultado mais coerente: o payback descontado, que utiliza o fluxo de caixa descontado com uma taxa (normalmente a taxa mínima de atratividade - TMA) para demonstrar o momento em que o fluxo de caixa descontado chega a zero, a partir deste momento há resultado positivo e geração de valor em comparação a taxa de desconto empregado (ROSS, 2013).

O modelo matemático do Payback descontado é apresentado na Tabela 1 (LAPPONI, 2000).

Tabela 1: Modelo matemático do PBD

Anos/ Períodos	C apitais
0	-I
1	F
2	C ₁ F
3	C ₂ F
	C _n

Fonte: Adaptado de (LAPPONI, 2000)

Onde:

- I é o investimento inicial na data zero, possui sinal negativo pois representa um desembolso.
- FC₁ é o primeiro fluxo de caixa.

- FC₂ é o segundo fluxo de caixa.
- FC_n é o último fluxo de caixa.
- n é a data terminal do projeto, o momento em o retorno supera o investimento.

Também utilizada na análise de investimentos, a análise de sensibilidade é uma técnica que visa identificar as variáveis de incerteza da evolução de um projeto de investimento, determinando o impacto no projeto se uma ou mais variáveis não coincidir com o previsto, permitindo conhecer os limites de variação das variáveis que ainda mantêm o projeto viável (SILVA; QUEIRÓS, 2013).

Os investimentos devem ser remunerados de forma adequada, não apenas para satisfazer os proprietários, mas principalmente para garantir a continuidade da empresa. Não importa o setor de atuação da empresa, o objetivo final é sempre o lucro, sem lucro não há razão para a empresa existir, já que seria mais interessante para os acionistas aplicarem o seu dinheiro em renda fixa, que possui riscos bem menores. Sendo assim, um projeto só é interessante financeiramente quando gera retorno maior que os oferecidos pelo mercado financeiro tradicional ou quando traz uma redução comparativamente maior no custo operacional da empresa. Uma vez tomada a decisão de investimento em um determinado projeto, deve-se realizar o acompanhamento do mesmo, verificando se os níveis de retorno esperados inicialmente estão se concretizando (LOUZADA; POSSI, 2006).

Materiais E Método

A natureza de pesquisa deste trabalho é aplicada por estudar uma situação, com o objetivo de aumentar o conhecimento dos fatos e verificando possíveis soluções. Pesquisas aplicadas têm como objetivo a criação de soluções para problemas específicos através de verdades locais (PRODANOV; FREITAS, 2013). A pesquisa aplicada é o tipo de pesquisa que gera conhecimento ou avanço no conhecimento em uma esfera de atuação, podendo ser científica, econômica, industrial ou acadêmica, e possui para isto propósito prático e específico (FRANCHESCHINI, 2012).

Este trabalho, em relação aos fins e objetivos, classifica-se como exploratório. Este tipo de pesquisa tem como objetivo criar maior familiaridade com o problema para torná-lo mais explícito ou para construir uma hipótese (GIL, 2010). Por ser um procedimento novo e pouco conhecido dentro da empresa, este estudo colabora para a criação de novos conhecimentos e familiaridades com o processo TIG Orbital.

A pesquisa exploratória busca ampliar a quantidade de informações sobre o ponto que se quer investigar, pode ser ilustrada através de pesquisa bibliográfica e estudo de caso, colaborando assim para a delimitação e aprimoramento do assunto pesquisado, podendo atuar na definição dos objetivos, reformulando a questão de estudo ou trazendo novos dados que permitem uma nova visão sobre o assunto em pauta (BASTOS, 2009).

A maior parte da pesquisa deste trabalho foi realizada em campo, no local onde os fatos acontecem, o pesquisador verificou diariamente o progresso da soldagem, verificando a quantidade de soldas produzidas e o consumo de matérias primas, não tendo controle sobre estas variáveis. Portanto do ponto de vista da abordagem, esta é uma pesquisa qualitativa, pois neste tipo de abordagem o pesquisador mantém contato direto com o objeto e o ambiente de estudo, o que demanda um trabalho intensivo de campo. As questões são estudadas no ambiente onde ocorrem, sem qualquer manipulação do pesquisador. Diferente da abordagem quantitativa, este método não utiliza ferramentas estatísticas como meio principal de análise de um problema (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Quanto aos procedimentos, este trabalho é classificado como pesquisa bibliográfica, este tipo de pesquisa é realizada a partir de materiais já publicados, porém cabe ao pesquisador verificar a veracidade das informações, verificando possíveis incoerências nas obras utilizadas (PRODANOV; FREITAS, 2013).

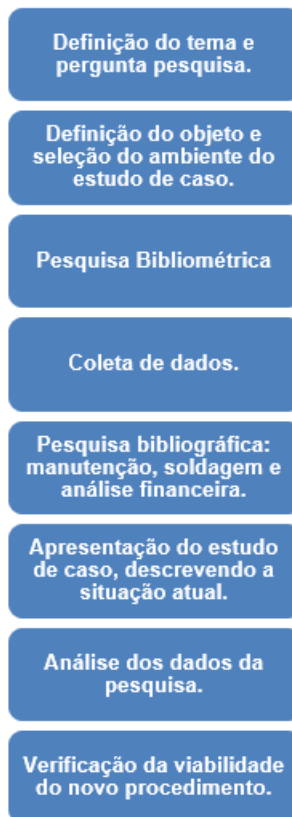
A pesquisa documental também foi utilizada para a realização deste trabalho, é a pesquisa que tem como base a documentação direta (questionários, entrevistas, etc.) ou indireta (quando provem de publicações oficiais ou privadas encontradas em arquivos) de uma ou várias fontes (LOPES, 2006). Os documentos consultados para a formulação deste trabalho foram: contratos internos de manutenção e mão de obra, notas fiscais de compras de materiais, planilhas e indicadores de custos e principalmente o software de gestão, que separa os custos conforme sua alocação, ou seja, é possível extrair os custos somente do equipamento estudado.

Este trabalho também é classificado como estudo de caso. O estudo de caso é o método que investiga um fenômeno contemporâneo em seu contexto no mundo real, principalmente quando as fronteiras entre o fenômeno e seu contexto não estão bem definidas. É o método preferencial quando comparado a outros métodos de pesquisa em situações como por exemplo: a) as principais questões da pesquisa são “como?” ou “porque? ”; b) o pesquisador tem pouco ou nenhum controle sobre eventos comportamentais; e c) o foco do estudo é um evento contemporâneo (YIN, 2002).

Além dos dados coletados de documentos internos, algumas informações pertinentes vieram diretamente da observação da situação de campo, por exemplo, o consumo diário de gás de proteção, material de adição, o número de soldas realizadas por dia e o resultado de soldas aprovadas após os ensaios.

A análise de dados permite a construção do saber, é o principal momento de autoria intelectual do pesquisador, quanto este organiza os dados brutos de forma lógica, as hipóteses e as categorias de análise ajudam na construção desta etapa (NETO, 2008). Para a análise dos dados foram utilizadas tabelas e equações para verificar os resultados obtidos, já que a análise neste trabalho é de natureza econômica. Para atingir seu propósito este trabalho seguiu-se um método de trabalho no qual as etapas seguidas da pesquisa são apresentadas na Figura 1.

Figura 1: Método de trabalho aplicado na condução da pesquisa



A definição do tema e pergunta pesquisa se deu a partir de uma necessidade percebida durante a manutenção de um dos fornos, nesta ocasião o número de soldas reprovadas foi superior a 20%. Foi então proposta a implementação de um novo processo de soldagem e a sua possível redução dos custos de manutenção.

Com os fornos definidos como objeto de estudo foram selecionados os ambientes para coleta de dados, que foram os dois fornos seguintes a ter a troca completa da serpentina, o primeiro com o processo de soldagem manual e o segundo já aplicando o procedimento de soldagem orbital.

Para verificar a relevância acadêmica do trabalho, foi realizada uma pesquisa bibliométrica das palavras-chaves no portal de periódicos da CAPES (Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior). A pesquisa bibliométrica permite verificar o nível de produção científica de palavras-chave (NUNES; MENEZES, 2014). Os resultados e as palavras-chave são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Pesquisa bibliométrica na base CAPES de 1996 a 2016

Palavras-chave	Resultados
Solda orbital	3
Orbital Welding	469
Indústria Petroquímica	233
Petrochemical industry	20.937
Viabilidade econômica	974
Economic viability	26.613
Solda Orbital “E” indústria petroquímica	0
Solda Orbital “E” viabilidade econômica	0
Orbital Welding “AND” Petrochemical industry	0
Orbital Welding “AND” Economic viability	0

A análise da pesquisa bibliométrica apresenta que a produção de artigos sobre estes assuntos é escassa, mostrando que os assuntos deste artigo são pertinentes e relevantes academicamente.

Os dados foram coletados a partir de observações de campo e no sistema de gestão da empresa. Já a pesquisa bibliográfica foi feita em obras de diversos autores de diversas nacionalidades para se ter embasamento técnico e teórico sobre os assuntos inerentes a este trabalho, verificando o que estes autores percebem sobre os temas abordados, os assuntos

pesquisados foram: manutenção, soldagem e automação de soldagem e também a análise financeira.

Neste trabalho é descrita a situação atual, ou seja, a situação anterior à aplicação do novo procedimento de soldagem, esta descrição tem a intenção de descrever as dificuldades deste tipo de manutenção bem como explicar quais são as variáveis mais importantes do processo. A análise dos dados feita neste trabalho segue a orientação de autores de gestão financeira aplicando fórmulas propostas com o uso de software de planilhas. Por fim é feita a verificação da viabilidade econômica do projeto, respondendo à pergunta pesquisa e concluindo qual dos dois processos é melhor sob a ótica financeira.

Estudo De Caso E Resultados

O objeto de estudo para realização desta pesquisa foi uma empresa petroquímica situada no Rio Grande do Sul. Esta empresa é dividida em dois grupos industriais: a unidade de insumos básicos e a unidade de polímeros. O seguinte trabalho foi realizado a partir da observação dos métodos de manutenção em fornos de pirólise na unidade de insumos básicos realizados pelo setor de caldeiraria.

Nesta unidade, as questões industriais são divididas entre os setores de operação e manutenção. A manutenção, por sua vez, é dividida em seis especialidades, são elas: Instrumentação, Eletrônica, Elétrica, Complementar (manutenção predial, pintura, isolamento, etc.), e duas mecânicas: Mecânica de Rotativos e Mecânica de Estáticos. A Mecânica de Rotativos se dedica a manutenção de equipamentos como, por exemplo, bombas e compressores, lidando com questões de lubrificação, alinhamento e vibrações. Já a Mecânica de Estáticos tem como principal função a manutenção de equipamentos de processamento contínuo como os fornos, que são o objeto de estudo deste trabalho, além de trocadores de calor, caldeiras, tanques e também todas as tubulações e seus acessórios.

Cada forno, em condições normais opera por seis anos, ao fim deste período faz-se necessária a manutenção geral, incluindo a troca da serpentina. É nessa operação específica que se concentra a utilização da máquina de solda orbital sendo que número de fornos que param por ano é variável, normalmente o número de paradas fica entre dois e três, podendo ocorrer mudanças ou manutenções não programadas.

Na operação manual da soldagem das serpentinas são necessários dezesseis soldadores, fato que reduz o espaço para o trabalho. Cada soldador utiliza varetas de 1.000mm como material de adição, em determinado momento, quando a vareta fica pequena demais para o

manuseio do soldador é descartada, gerando um desperdício de aproximadamente 5% (50mm). Neste processo são utilizadas dezesseis máquinas de solda que consomem energia elétrica, cada uma possui sua própria saída de gás de proteção. A Figura 2 apresenta o local de soldagem da serpentina.

Figura 2: Serpentina do forno



Fonte: Empresa objeto de estudo.

Outro fator importante é que a qualidade da solda varia de acordo com o soldador que está realizando a tarefa, por ser uma solda crítica que ficará exposta à pressão e calor, não é tolerado nenhum tipo de falha, para verificar a solda são realizados ensaios de raio X em 100% das juntas, o índice de reprovação de soldas feitas manualmente é de 12%, por usar uma fonte radioativa este ensaio só pode ser realizado quando não houver ninguém próximo, ou seja, nas duas horas que separam os dois turnos de trabalho.

Para se obter ganho na manutenção é proposto a implantação da soldagem automatizada, que utiliza uma máquina que gira em torno do tubo. Em tese, a expectativa é de que esta máquina seja capaz de fabricar soldas iguais, com menor tempo, melhor qualidade de que soldadores e conseqüentemente com menor custo. O objetivo deste trabalho é verificar se a implantação de soldagem automatizada na manutenção dos fornos é

viável economicamente, utilizando para isso ferramentas financeiras como o cálculo de VPL e tempo de payback descontado.

A unidade em que se realizou o estudo possui vinte e quatro fornos, vinte e dois estão aptos na utilização do equipamento de soldagem orbital já que possuem serpentinas com diâmetro de 54mm (o limite da máquina são 70mm) cada forno deste tipo possui dentro de sua área de reação 108 tubos de serpentina.

Para aplicar o processo de soldagem orbital também é necessário o desenvolvimento de equipamentos e dispositivos específicos para adequação das condições de campo, buscando ganhos de produtividade, aumento da confiabilidade, redução de custos de manutenção, redução do consumo de energia e redução da exposição humana. Após a realização de treinamentos e atividades práticas, o operador da máquina consegue obter resultados satisfatórios na soldagem, sendo a preparação da junta o maior desafio, ou seja, com o programa adequado, um possível problema só acontecerá se a preparação não estiver conforme o procedimento. A próxima etapa do trabalho apresentará os custos de investimento envolvidos para a aplicação deste novo processo.

Investimentos

Os investimentos iniciais para a implantação do processo de soldagem orbital totalizam R\$ 650.000,00, sendo que somente o equipamento propriamente dito representa o maior valor (R\$350.000,00). Estes dados foram retirados do software de gestão da empresa, cada equipamento possui uma ordem de manutenção na qual todos os custos e investimentos são inseridos, estes valores foram retirados da ordem do forno que foi feito com soldagem orbital, os próximos fornos que forem realizados com esta tecnologia não apresentarão estes números. A Tabela 3 apresenta o investimento para aquisição da soldagem orbital.

Tabela 3: Investimentos iniciais da soldagem orbital

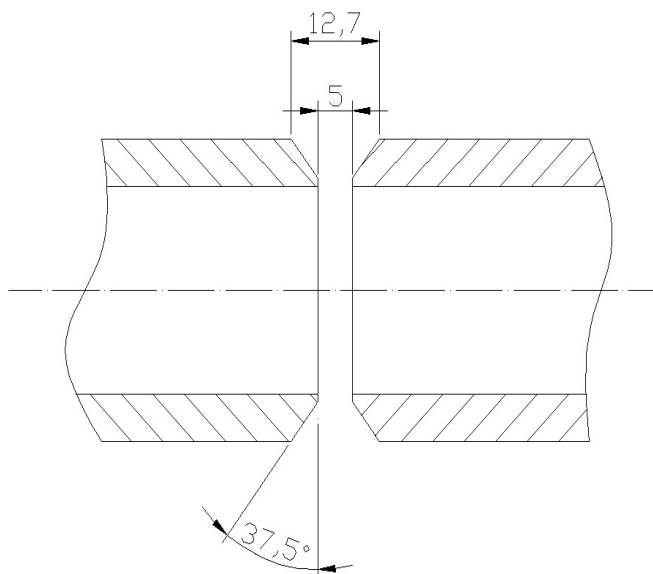
Descrição	Investimento
Equipamento de solda orbital	R\$ 350.000,00
Mão-de-obra (consultoria)	R\$ 50.000,00
Aluguel de acessórios	R\$ 50.000,00
Equipamentos de apoio	R\$ 60.000,00
Ferramentas	R\$ 20.000,00
Sobressalentes dos equipamentos	R\$ 120.000,00
Total	R\$ 650.000,00

O processo de soldagem manual não possui custo de investimento, já que é o processo corrente, as máquinas e ferramentas são as mesmas utilizadas em outros tipos de manutenção na empresa. A seguir será mostrada a comparação entre os processos, verificando a diferença entre o processo manual e o processo de soldagem orbital.

Comparação entre os processos

Os consumíveis utilizados em ambos os processos são da mesma composição química, porém, fisicamente diferentes, enquanto o processo manual utiliza varetas que possuem limitação de comprimento, a soldagem orbital utiliza rolos de arame com alimentador automático o que permite o uso de 100% do material. No processo manual pode-se pensar que a cada troca de vareta é gerado um “setup”, já que o soldador tem que pegar um novo consumível e reiniciar a operação. Outro ponto importante é a diferença entre os biseis, no processo orbital o bisel é menor, necessitando de menos material para ser preenchido. A Figura 3 mostra um bisel utilizado em soldagem manual.

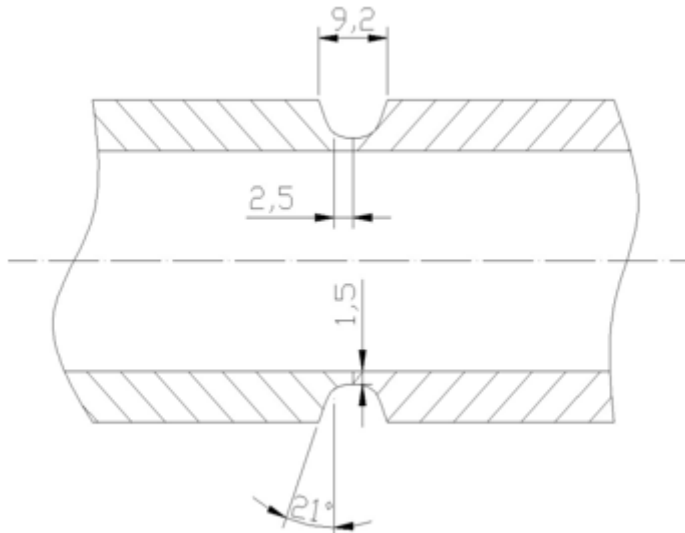
Figura 3: Bisel para soldagem manual



Fonte: Empresa estudada

A Figura 4 apresenta um bisel para soldagem orbital, nota-se que a área a ser preenchida é menor e sem abertura, gerando redução do consumo de material de adição.

Figura 4: Bisel utilizado na soldagem orbital



Fonte: Empresa pesquisada

A diferença entre as áreas dos biseis e a não utilização de toda vareta de solda no processo de soldagem manual geram uma diferença o consumo de material de adição. Os custos de consumo de material de adição podem ser vistos na Tabela 4.

Tabela 4: Consumo de material de adição

Equipamento	Espessura (mm)	Consumo (kg)	Custo (R\$ / kg)	Total (R\$)
Orbital	0,8	15	359,00	5.385,00
Manual	2,5	55	502,20	27.621,00

O processo de soldagem TIG exige uma atmosfera inerte no local da poça de fusão, essa atmosfera é criada utilizando gás argônio. Com a redução de mão de obra, naturalmente a quantidade gás utilizado diminui, tendo em vista que na soldagem manual a abertura e fechamento do gás é realizado pelo executante enquanto na orbital o gás é liberado pela máquina no momento da soldagem de forma automática, outra diferença é que no processo orbital o gás é utilizado a partir de um único cilindro de maior

capacidade, reduzindo assim o custo do m³. O consumo de argônio em cada um dos processos é exibido na Tabela 5.

Tabela 5: Consumo de gás de proteção

Equipamento	Consumo diário (m3)	Custo (R\$ / m3)	Turnos	Total (R\$)
Orbital	135	8,80	10	11.880,00
Manual	232	11,00	20	51.040,00

Devido às limitações de espaço, o número de soldas manuais realizada simultaneamente é reduzido e dividido em dois turnos, já a soldagem orbital pode ser realizada com menos pessoas e em apenas um turno, permitindo que os ensaios sejam realizados durante toda a noite. A diferença de H/H (hora/homem) entre o processo manual e o automatizado é destacada na Tabela 6.

Tabela 6: Recursos utilizados

Recursos	Forno com soldagem manual	Forno com soldagem manual	Redução
Soldadores	8 (por turno) – 16 no total	3	13
Turnos diários	2	1	1
Horas/turno	10	10	0
Dias trabalhados	10	10	0
H/H	1.600	300	1.300

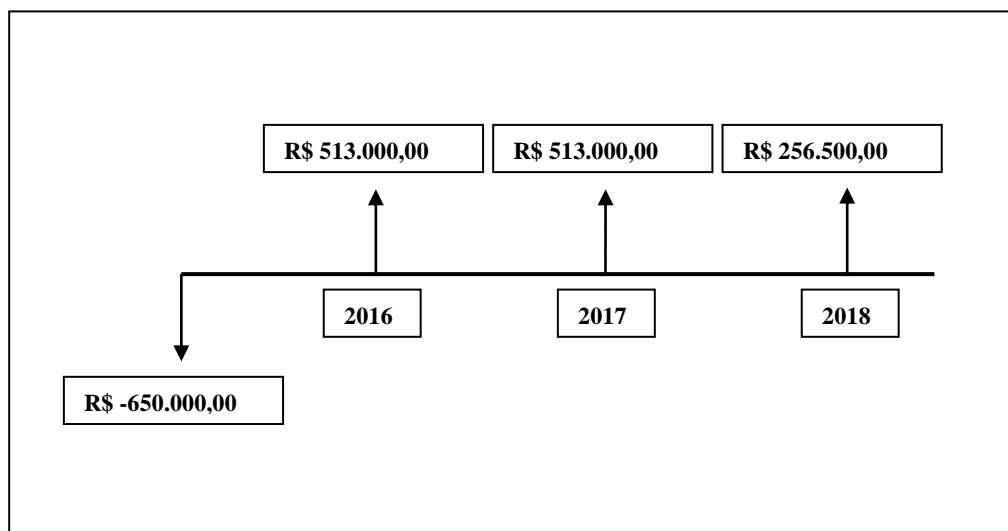
Análise financeira

Os dados apresentados foram obtidos na realização da manutenção em dois fornos, cada um deles foi feito com um método de soldagem diferente. O custo total para troca da serpentina pelo processo manual foi de R\$ 426.000,00 já o custo para troca de serpentina utilizando soldagem automatizada é de R\$ 169.500,00. A diferença de custos entre os processos é apresentada na Tabela 7.

Tabela 7: Diferença entre o custo total de soldagem manual e orbital

Descrição	Soldagem manual (R\$)	Soldagem Orbital (R\$)	Diferença (R\$)
Mão-de-obra	177.920,00	81.360,00	96.560,00
Gás de proteção	51.040,00	11.880,00	39.160,00
Material de adição	27.621,00	5.385,00	22.236,00
Retrabalhos	16.540,00	6.665,00	9.875,00
Gamagrafia	152.879,00	64.210,00	88.669,00
Total	426.000,00	169.500,00	256.500,00

Conforme informado anteriormente, o número de troca de serpentinas em fornos varia de ano para ano, em 2016 foram realizados dois, já em 2017 também estão previstos dois e é esperado que uma troca de serpentina seja feita em 2018. O fluxo de caixa previsto é apresentado na Figura 5.

Figura 5: Fluxo de caixa do investimento

Fonte: Adaptado de (LAPPONI, 2000)

Se essas perspectivas se concretizarem, com o investimento inicial de R\$ 650.000,00 e a diferença entre os processos de R\$256.500,00. Estabelecendo-se que a taxa mínima de atratividade (TMA), denominada como “k”, seja o CDI ou 14,13%.

O valor presente líquido (VPL) deste projeto é calculado da seguinte maneira:

$$VPL = -650.000 + 513.000 / (1+0,1413)^1 + 513.000 / (1+0,1413)^2 + 256.500 / (1+0,1413)^3$$

O VPL é de R\$ 320.568,46.

O valor futuro líquido (VFL) é de R\$ 476.562,91 calculado da seguinte forma:

$$VFL = 320.568,46 \times (1+0,1413)^3$$

A taxa interna de retorno foi calculada utilizando o software MS Excel®, os dados utilizados foram:

$$FC0 = -650.000,00$$

$$FC1 = 513.000,00$$

$$FC2 = 513.000,00$$

$$FC3 = 256.500,00$$

O resultado encontrado foi uma TIR de 49%

Como visto anteriormente, o payback também é uma ferramenta financeira válida para análise de projetos, a Tabela 8 apresenta o resultado do payback descontado.

Tabela 8: Fluxo de caixa descontado, considerando $k = 14,13\%$

Anos	Capitais (R\$)	VP (R\$)	VP acumulado (R\$)
0	- 650.000,00	- 650.000,00	- 650.000,00
1	513.000,00	449.487,43	- 200.512,57
2	513.000,00	393.838,10	119.161,90
3	256.500,00	172.539,25	

Sendo assim é percebido o retorno do investimento no segundo ano, apresentando um resultado positivo de aproximadamente R\$ 120 mil. Com a possibilidade de as variáveis do projeto não coincidirem com o previsto ao longo do tempo, pode-se aplicar uma análise de sensibilidade, que nada mais é do que refazer as equações com resultados menores. A Tabela 9 apresenta os resultados de uma análise de sensibilidade, estipulando que os resultados se mostrem 20% inferiores aos previstos.

Tabela 9: Análise de sensibilidade

Ano de Investimento	Valor (R\$)
Investimento inicial	- 650.000,00
2016	410.400,00
2017	410.400,00
2018	205.200,00

Nestas condições, os resultados encontrados foram:

VPL= 162.691,82

VFL= 241.860,63

TIR= 30%

Sendo assim, mesmo que os retornos se apresentem 20% menores que o projetado, o projeto ainda se mantém viável já que apresenta: VPL de R\$ 162.691,82; VFL de 241.860,63 e; uma TIR de 30%. A Tabela 10, mostra de forma sintetizada os resultados obtidos com a análise financeira do projeto, a partir destes dados é possível verificar a viabilidade do projeto.

Tabela 10: Resultados do projeto

Método	Resultado
VPL	R\$ 320.568,46
Payback descontado	2º ano
VFL	R\$ 476.562,91
TIR	49%
VPL (análise de sensibilidade)	R\$ 162,691,82
TIR (análise de sensibilidade)	30%

Conclusões

O objetivo geral deste trabalho foi verificar a viabilidade financeira da implantação de um novo processo de soldagem que substitui a soldagem manual utilizando uma máquina para realizar a solda.

O projeto apresentou um VPL positivo de R\$ 320.568,46 e uma TIR de 49% o que comprova a sua viabilidade econômica, outro indicador que demonstra a viabilidade do projeto é o seu payback descontado. Se as taxas de juros se mantiverem estáveis e o retorno em cada evento convergir para o previsto, o investimento daria retorno já no segundo ano de aplicação. Mesmo quando aplicada uma análise de sensibilidade, reduzindo os resultados em 20% o investimento se mostra rentável, já que o VPL fica positivo em R\$ 162.691,82 com TIR em 30%. Desta forma é recomendado que a empresa invista neste projeto.

Este trabalho se ateve à análise financeira da soldagem orbital, verificando se é realmente um bom investimento, porém foram percebidos outros ganhos que não foram mensurados nesta pesquisa como em segurança, ao reduzir a exposição de pessoas à radiação gerada na soldagem e a confiabilidade do processo, que produz soldas de alta qualidade e com alto nível de padronização. Sendo assim, sugerem-se pesquisas futuras a cercada análise dos impactos na segurança pessoal dos envolvidos; dos aspectos relacionados à qualidade da solda e por consequência a confiabilidade do serviço e suas contribuições junto ao processo.

Referências

- BASTOS, R. L. Ciências humanas e complexidades: projetos, métodos e técnicas de pesquisa: o caos, a nova ciência. In: **Rio de Janeiro: E-papers**. [s.l: s.n.].
- BORDEAUX-REGO, R. Viabilidade econômico-financeira de projetos. In: **Editora FGV**. [s.l: s.n.].
- BRANCO FILHO, G. Indicadores e índices de manutenção. In: **Rio de Janeiro: Ciência Moderna**. [s.l: s.n.].
- CAMARGO, C. Análise de investimentos e demonstrativos financeiros. In: **Editora Ibplex**. [s.l: s.n.].
- CONNOR, L. P.; O'BRIEN, R. L. Welding handbook: welding processes. In: **American Welding Society**. [s.l: s.n.].
- CUNHA, L. Solda: como quando e por quê. In: **3ed. Porto Alegre: Imprensa Livre**,. [s.l: s.n.]. p. 366.
- FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. Confiabilidade e Manutenção industrial. In: **1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier**. [s.l: s.n.]. p. 265.
- FRANCHESCHINI, A. Teoria e Prática da pesquisa aplicada. In: **1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier**. [s.l: s.n.]. p. 475.
- GEARY, D.; MILLER, R. Soldagem. In: **2ed. Porto Alegre: Bookman**. [s.l: s.n.]. p. 253.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2010.
- LAPPONI, J. C. Projetos de investimento: Construção e avaliação do fluxo de caixa: Modelos em Excel. In: **São Paulo: Lapponi Editora**. [s.l: s.n.]. p. 375.
- LOPES, J. O Fazer Do Trabalho Científico em Ciências Sociais Aplicadas. In: **Editora Universitária UFPE, Recife**. [s.l: s.n.].
- LOUZADA, D.; POSSI, M. Gerenciamento de projetos guia do profissional: volume 3: fundamentos técnicos. In: **1ed. Rio de Janeiro: Brasport**. [s.l: s.n.]. p. 321.
- MARLOW, F. M. Welding fabrication & repair: questions and answers. p. 2002, 2002.
- MARQUES, P. V.; MODENESI, J. P.; QUEIRÓZ, A. Soldagem: fundamentos e tecnologia - 3ª edição atualizada. In: **Belo Horizonte: Editora UFMG**. [s.l: s.n.].

- MARTELLO, A. Mercado financeiro prevê retração maior do PIB em 2016. Disponível em<<http://g1.globo.com/economia/mercados/noticia/2016/05/mercado-financeiro-preve-retracao-maior-do-pib-em-2016.html>>. Acesso em outubro de 2016., 2016.
- MOSCHIN, J. Gerenciamento de parada de manutenção. 1ed. In: **Rio de Janeiro: Brasport**. [s.l: s.n.]. p. 281.
- NETO, H. A. Pesquisa científica na prática. 1ed. In: **Canoas: Ed. Ulbra**. [s.l: s.n.]. p. 120.
- NUNES, F. D. L.; MENEZES, F. M. Sistema Hyundai de Produção e Sistema Toyota de Produção: suas interações e diferenças. **Revista Acadêmica São Marcos**, v. 4, n. 2, p. 101-120, 2014.
- PINTO, A. K.; NASCIF, J. A. Manutenção: função estratégica. In: **Qualitymark: Rio de Janeiro**. [s.l: s.n.].
- PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. DE. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. Novo Hamburgo: Editora Feevale, 2013.
- RAYAPROLU, K. Boiler: a practical reference. In: **CRC Press - Boca Raton**. [s.l: s.n.].
- ROSÁRIO, J. M. Robótica Industrial I Modelagem, Utilização e Programação. In: **São Paulo: Editora Baraúna**. [s.l: s.n.].
- ROSS, S. A. Fundamentos de administração financeira. 9ed. In: **Porto Alegre: AMGH**. [s.l: s.n.]. p. 781.
- SANTOS, V. A. Prontuário para manutenção mecânica. In: **1ed. São Paulo: Ícone**. [s.l: s.n.]. p. 175.
- SILVA, E. S.; QUEIRÓS, M. Análise de Investimentos em Ativo Reais, Volume 2: Análise de risco e Incerteza . In: **Porto: Vida Econômica**. [s.l: s.n.]. p. 304.
- TANIGUCHI, C.; OKAMURA, T. Engenharia de soldagem e aplicações. In: **Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos**. [s.l: s.n.].
- TELLES, P. C. S. Tubulações industriais: Materiais, Projeto, Montagem. In: **10ed. Rio de Janeiro: LTC**. [s.l: s.n.]. p. 252.
- THULUKKANAM, K. Heat Exchanger Design Handbook. In: **2ed. Boca Raton: CRC Press**. [s.l: s.n.]. p. 1186.

TREFF, L.; BATTISTELA, L. R. Inovação em Gestão de Projetos na Administração Pública. In: **1ed. Rio de Janeiro: Brasport**. [s.l: s.n.]. p. 101.

VIANA, H. R. G. PCM, planejamento e controle da manutenção. In: **1 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark**. [s.l: s.n.]. p. 192.

WAINER, E.; BRANDI, S. D.; MELLO, FÁBIO, D. H. Soldagem: processos e metalurgia. , 2011.494p. In: **1ed. São Paulo: Edgar Blucher**. [s.l: s.n.]. p. 494.

XENOS, H. G. Gerenciando a Manutenção Produtiva. In: **1ed. Nova Lima: Falconi**. [s.l: s.n.]. p. 308.

YIN, R. K. **Case Study Research. Design and Methods**. [s.l: s.n.]. v. 26