



FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI CIMATEC
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SOLDAGEM

HELEN RODRIGUES ARAÚJO

ANÁLISE DOS CUSTOS DE SOLDAGEM EM EVENTOS DE
PARADAS PARA MANUTENÇÃO

SALVADOR – BA

2016

HELEN RODRIGUES ARAÚJO

**ANÁLISE DOS CUSTOS DE SOLDAGEM EM EVENTOS DE
PARADAS PARA MANUTENÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Especialização em Engenharia da Soldagem da Faculdade de Tecnologia SENAI Cimatec, como requisito final para obtenção do título de Especialista em Engenharia da Soldagem.

Orientador: Prof. Dr.Engº Carlos Augusto de Souza

SALVADOR – BA

2016

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC

A658a Araújo, Helen Rodrigues

Análise dos custos de soldagem em eventos de paradas para manutenção /
Helen Rodrigues Araújo. – Salvador, 2016.

81 f. : il. color.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Augusto de Souza.

Monografia (Especialização em Engenharia de Soldagem) – Programa de
Pós-Graduação, Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Salvador, 2016.
Inclui referências.

1. Custos - Soldagem. 2. Paradas de manutenção. 3. Soldagem. I. Faculdade
de Tecnologia SENAI CIMATEC. II. Souza, Carlos Augusto de. III. Título.

CDD 671.52

HELEN RODRIGUES ARAÚJO

**ANÁLISE DOS CUSTOS DE SOLDAGEM EM EVENTOS DE
PARADAS PARA MANUTENÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito final para obtenção do título de Especialista em Engenharia da Soldagem pela Faculdade de Tecnologia SENAI Cimatec.

Aprovada em 25 de fevereiro de 2016.

BANCA EXAMINADORA

Carlos Augusto de Souza – Orientador _____
Doutor em Mecânica pela Université Paris VI,
Paris, França
Faculdade de Tecnologia SENAI Cimatec

Charles Chemale Yurgel – Membro da Banca _____
Doutor em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais pela Universidade
Federal do Rio Grande do Sul,
Porto Alegre, Brasil
Faculdade de Tecnologia SENAI Cimatec

Helaine Pereira Neves – Membro da Banca _____
Mestre em Engenharia Mecânica do Programa de Pós-Graduação em Gestão e
Tecnologia Industrial pela Faculdade de Tecnologia SENAI Cimatec,
Salvador, Brasil
Faculdade de Tecnologia SENAI Cimatec

Dedico este trabalho aos meus pais, Manoel e Célia,
Aos meus irmãos, Helton e Maria,
E ao meu marido, Marco Aurélio.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer ao nosso Senhor Deus que, com todo o seu amor, guiou meus passos para a concretização de mais essa conquista.

Aos meus pais queridos, Célia e Manoel, pela orientação e dedicação que me ajudaram na realização deste trabalho.

Aos meus irmãos, Helton e Maria, pelo apoio e incentivo, além dos conselhos preciosos.

Ao meu esposo, Marco Aurélio, pela disposição em me auxiliar em todo o processo de formação deste trabalho.

Aos meus amigos, por todo o apoio e compreensão.

Aos professores, Carlos Augusto e Charles Yurgel, pelo esforço e compromisso empregados, além da confiança depositada no processo de construção deste projeto.

Enfim, a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização dessa conquista, o meu muito obrigado.

*"O sucesso nasce do querer, da determinação
e persistência em se chegar a um objetivo.
Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence
obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis"*

José de Alencar

RESUMO

A busca constante pela lucratividade e sobrevivência no mercado, tornou-se o objetivo de qualquer organização atualmente. Neste cenário, é imprescindível às empresas adotarem ações que permitam o controle eficiente dos custos. O presente trabalho se propõe a apresentar formas de controle e estimativa dos custos referentes às atividades de soldagem a partir do comprimento de solda produzido em cada evento de parada para manutenção. Para isso, é apresentada uma metodologia que contém diretrizes para o cálculo dos custos relacionados às operações de soldagem, além de ser apresentado, o estudo de caso no qual são aplicadas as orientações propostas pelo método. Através da análise dos resultados obtidos no estudo foi verificada a eficiência da metodologia, já que esta permitiu um aperfeiçoamento na estimativa dos custos relacionados à soldagem, além de facilitar a visualização de oportunidades de melhorias ao processo por ser capaz de estratificar as contribuições de cada parcela no custo final.

Palavras-Chave: Custos, Soldagem, Paradas de Manutenção.

ABSTRACT

The constant search for profitability and survival in the market, has become the goal of any organization currently. In this scenario, it is imperative for companies to take actions that allow the efficient cost control. This study aims to present forms of control and estimation of costs relating to welding activities from the weld length produced at each event for maintenance. For this, a methodology that provides guidelines for the calculation of costs related to welding operations is presented as well as being presented the case study where are applied the guidelines proposed by the method. By analyzing the results of the study the effectiveness of the methodology was verified, as this allowed an improvement in the estimation of welding-related costs, and facilitates the visualization process to improve opportunities for being able to stratify the contributions of each plot the final cost.

Keywords: Costs, welding, maintenance.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Fases do Ciclo PDCA | 17 |
| Figura 2: (a) Detalhe da junta soldada; (b) e (c) Decomposição em figuras geométricas..... | 28 |
| Figura 3: Elementos do Chanfro. | 29 |
| Figura 4: Exemplo de um histograma de recursos. | 43 |
| Figura 5: Ilustração de sistemas de uma Caldeira..... | 58 |
| Figura 6: Histograma de recursos para execução dos serviços..... | 64 |
| Figura 7: Gráfico da contribuição das parcelas no custo total. | 69 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1: Cálculo da área da seção transversal. | 28 |
| Tabela 2: Densidade, ρ , dos principais elementos de ligas metálicas. | 30 |
| Tabela 3: Eficiência de deposição típica para alguns processos de soldagem. | 31 |
| Tabela 4: Taxa de deposição típica para os principais processos de soldagem a arco elétrico. | 33 |
| Tabela 5: Valores típicos para o fator de operação. | 37 |
| Tabela 6: Valores típicos de eficiência de processo. | 38 |
| Tabela 7: Informações do escopo de trabalho das atividades de soldagem. | 60 |
| Tabela 8: Informações estabelecidas pela IEIS. | 60 |
| Tabela 9: Informações complementares. | 61 |
| Tabela 10: Resultado parcial da aplicação da metodologia. | 62 |
| Tabela 11: Valores unitários de remuneração e encargos sociais. | 65 |
| Tabela 12: Valores de salários e encargos sociais. | 65 |
| Tabela 13: Valores unitários de parcelas referentes à alimentação, assistência médica, exames médicos, transportes e EPI's. | 66 |
| Tabela 14: Valores referentes às despesas complementares. | 66 |
| Tabela 15: Parcelas das despesas gerais. | 67 |
| Tabela 16: Resumo das parcelas do custo total de soldagem. | 68 |
| Tabela 17: Resumo das parcelas do custo total de soldagem, com alteração de processo de soldagem. | 70 |
| Tabela 18: Informações do escopo de trabalho das atividades de soldagem.(GMAW) | 80 |
| Tabela 19: Informações do escopo de trabalho das atividades de soldagem. (GMAW) | 81 |
| Tabela 20: Resultado parcial da aplicação da metodologia. (GMAW) | 82 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|--------|--|
| ART | Anotação de Responsabilidade Técnica |
| ASME | American Society Mechanical Engineer |
| CLT | Consolidação das Leis do Trabalho |
| COFINS | Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social |
| CREA | Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia |
| EPI | Equipamento de Proteção Individual |
| FGTS | Fundo de Garantia do Tempo de Serviço |
| GMAW | Gas Metal Arc Welding |
| GTAW | Gas Tungsten Arc Welding |
| IEIS | Instrução de Execução e Inspeção de Soldagem |
| ISS | Imposto Sobre Serviço |
| MAG | Metal Active Gas |
| MIG | Metal Inert Gas |
| PDCA | Plan, Do, Check and Action |
| PIS | Programa de Integração Social |
| SAW | Submerged Arc Welding |
| SMAW | Shielded Metal Arc Welding |
| TIG | Tungsten Inert Gas |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 12 |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 15 |
| 2.1. PARADAS DE MANUTENÇÃO..... | 15 |
| 2.1.1. Soldagem na Manutenção..... | 19 |
| 2.2. CONTROLE DE CUSTOS RELACIONADOS À SOLDAGEM | 23 |
| 2.2.1 Métodos de controle de custos de soldagem | 25 |
| 2.2.2. Estimativa de custos por comprimento soldado | 27 |
| 2.2.2.1. <i>Cálculo da área seção transversal e do volume.....</i> | 27 |
| 2.2.2.2. <i>Custo dos Consumíveis</i> | 29 |
| 2.2.2.2.1. Quantidade de Metal de Adição | 30 |
| 2.2.2.2.2. Quantidade de Gases de Proteção ou Purga..... | 31 |
| 2.2.2.3. <i>Tempo de Soldagem.....</i> | 35 |
| 2.2.2.4. <i>Custo de Mão de Obra.....</i> | 37 |
| 2.2.2.5. <i>Custo da energia elétrica</i> | 38 |
| 2.2.2.6. <i>Depreciação do equipamento</i> | 38 |
| 2.2.2.7. <i>Custo de manutenção.....</i> | 39 |
| 2.2.2.8. <i>Despesas gerais</i> | 40 |
| 3. METODOLOGIA..... | 41 |
| 3.1. FORMAÇÃO DE ORÇAMENTOS EM PARADAS DE MANUTENÇÃO | 41 |
| 3.1.1. Composição da Matriz de Orçamento..... | 44 |
| 3.2. COMPOSIÇÃO DOS CUSTOS DE SOLDAGEM..... | 50 |
| 3.2.1. Custo de Mão de Obra | 51 |
| 3.2.2. Despesas com Equipamentos, Ferramentas e Materiais de consumo..... | 54 |
| 3.2.3. Despesas Gerais | 55 |
| 4. ESTUDO DE CASO..... | 56 |
| 5. CONCLUSÕES | 71 |
| 6. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS | 73 |
| REFERÊNCIAS..... | 74 |
| APÊNDICE I..... | 76 |
| APÊNDICE II..... | 80 |

1. INTRODUÇÃO

Com a intensificação da globalização, foi necessária uma reformulação quanto aos conceitos para formação de preço, já que este último passa a ser determinado pelo mercado mundial. Com isso, conhecer a composição dos custos passou a ser elemento essencial para o sucesso financeiro de uma organização, pois a redução de custos gera uma maior competitividade além de maiores margens de lucro, garantindo assim a perpetuidade do negócio. Nesta perspectiva, torna-se imprescindível a avaliação e o acompanhamento dos custos envolvidos em cada etapa da cadeia de produção, incluindo os custos referentes à etapa de soldagem. (BRACARENSE, MARQUES e MODENESI, 2009)

Um julgamento equivocado com base numa avaliação incorreta dos custos relacionados à soldagem pode acarretar em perdas econômicas caso a oferta do produto ou serviço não cubra os custos envolvidos, ou ainda pode inviabilizar uma negociação caso a empresa apresente preços muito elevados. (BRACARENSE, MARQUES e MODENESI, 2009)

Neste contexto, pode-se afirmar que o sucesso financeiro em eventos de paradas de manutenção está diretamente vinculado à eficiência na aplicação de métodos para estimativa e controle dos custos gerados, refletindo, desta forma, a importância econômica deste trabalho, que busca exatamente propor maneiras de encarar este desafio.

As paradas de manutenção são fundamentais para a garantia da confiabilidade dos equipamentos integrantes de uma unidade industrial. Durante estes eventos uma das principais ferramentas utilizadas para extensão da vida útil dos equipamentos são as operações de soldagem.

Com base na problemática apresentada que diz respeito à necessidade incessante de controle dos custos, é caracterizada a proposta deste trabalho pela análise e dimensionamento dos custos referentes às atividades de soldagem a

partir do comprimento de solda produzido em cada evento de parada para manutenção de equipamentos estáticos em plantas petroquímicas.

Assim, o presente trabalho se propõe a:

- a) Gerar uma forma mais eficiente para o controle dos custos, não somente através do controle de recurso pessoal alocado (homem-hora);
- b) Estratificação das contribuições de cada parcela ao custo final, permitindo a busca por melhorias na produtividade e facilitando a visualização de oportunidades de implantação de novas tecnologias;
- c) Contribuir na composição do preço final ofertados pelos serviços.

Para este fim, é apresentada uma metodologia que contém diretrizes para o cálculo das parcelas componentes do custo total relacionado às operações de soldagem executadas durante uma parada de manutenção.

A aplicação desta metodologia proposta foi avaliada a partir de um estudo de caso envolvendo a análise dos custos referentes às atividades de soldagem em uma parada para manutenção de uma caldeira, parte integrante de uma unidade termoeletrica.

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi necessária à adoção de procedimentos metodológicos que definisse os encaminhamentos para alcance dos objetivos propostos. Para tal, partiu-se, inicialmente, do estudo de fontes bibliográficas, por se tratar da etapa fundamental para ampliação e revisão da literatura e, por conseguinte, definição do referencial teórico, aprofundamento das discussões e articulações dos conceitos que propiciaram fundamentação para as análises propostas. As abordagens e reflexões de autores como Brito e Paranhos (2005), Miller (2004), Cirqueira (2013), Marques (2009), Branco Filho (2008), entre outros foram de fundamental importância para a compreensão e norteamto das considerações referentes à análise de custos relacionados às atividades de soldagem em eventos de parada de manutenção.

Durante a etapa de pesquisa bibliográfica foi identificada uma escassez de trabalhos acadêmicos que apresentassem uma metodologia detalhada para a

estimativa de custos relacionados à soldagem em eventos sazonais como as paradas de manutenção, o que denota a importância desse trabalho.

No processo de construção deste trabalho, também, foram inseridas contribuições obtidas através de 6 (seis) anos de experiência em eventos de paradas de manutenção no contexto da indústria petroquímica, caracterizando uma vivência prática dos conceitos sob estudo.

A pesquisa bibliográfica aliada às contribuições práticas direcionou a etapa seguinte de desenvolvimento da metodologia para estimativa e controle dos custos de soldagem. Através da avaliação dos resultados obtidos pelo estudo de caso foi possível a validação dos objetivos proposto pela metodologia, permitindo a consolidação da pesquisa.

Este trabalho está estruturado em mais quatro capítulos, nos quais são apresentadas considerações relativas ao tema em discussão. O segundo capítulo contextualiza os conceitos importantes relacionados ao tema, onde são apresentadas definições relacionadas às paradas de manutenção, aplicação da soldagem na manutenção e a importância do controle de custos nas atividades de soldagem. O terceiro capítulo apresenta as diretrizes da metodologia proposta. O quarto capítulo descreve um estudo de caso para verificação da aplicabilidade do método. Por fim, o quinto capítulo apresenta reflexões a respeito da eficiência da aplicação da metodologia.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. PARADAS DE MANUTENÇÃO

Grande parte das indústrias opera em tempo integral, dificultando assim a manutenção dos equipamentos durante o período de campanha. Portanto, após um ciclo de operação determinado é indispensável parar os equipamentos para realização de uma manutenção preventiva com o intuito de avaliar os componentes de uma planta industrial. Este processo é denominado Parada de Manutenção (STONNER, 2013).

Dentro de qualquer planta industrial faz-se necessário um planejamento estratégico de manutenção como garantia de confiabilidade das campanhas de operação dos equipamentos que formam a planta. Então, pode-se entender que uma parada de manutenção é um elemento de grande importância na formação deste planejamento devido às premissas e estratégias envolvidas para realização de um evento como este.

Para Cirqueira (2013) o termo manutenção define qualquer técnica utilizada para manter e/ou prolongar a vida útil de um equipamento, ferramenta e estrutura. Neste contexto, o setor de manutenção tem seu valor destacado na área financeira, com o propósito de redução de custos, ao considerar sua atuação no suporte ao setor de produção, bem como a interação que promove com os demais setores. Portanto, pode-se entender que os eventos denominados paradas de manutenção devem ser encarados como um investimento para a organização, pois o objetivo principal destes eventos é manter o processo produtivo com garantia de qualidade.

Para garantia de sucesso numa parada, é importante definir um bom planejamento, com estratégias que contribuam com a produtividade e com a qualidade das atividades, gerando assim a lucratividade almejada por todas as empresas. Como resume Branco Filho (2008), a fase de planejamento deve adotar uma metodologia estruturada que seja capaz de realizar o levantamento bem como avaliar todos os riscos, sejam eles referentes a recursos humanos e/ou materiais, envolvidos em cada etapa de uma parada para manutenção.

A etapa de planejamento de uma parada inicia-se a partir da obtenção de informações fornecidas pela operação e pela inspeção através do acompanhamento do desempenho dos equipamentos durante uma campanha, o que permite a consolidação de um escopo de serviços que irá determinar as atividades necessárias, os recursos, o prazo e os custos convenientes para execução das mesmas. (STONNER, 2013)

Conforme descreve Branco Filho (2008) processo de formação do planejamento de uma parada leva em consideração:

- Uma organização inicial adequada das informações para gerar as atividades, envolvendo os setores responsáveis por cada tarefa;
- Criação de um sistema dinâmico de programação e controle, destacando as atividades a serem executadas e os recursos relacionados;
- Utilização de um sistema de processamento de dados para formação de um cronograma inicial e que permita a atualização de informações durante o evento.

Todo este processo deve ser conduzido de forma que permita o reconhecimento dos riscos envolvidos, bem como a avaliação e identificação de medidas mitigadoras para os riscos destacados.

Após a consolidação do planejamento inicial, segue a fase de pré-parada na qual é possível a verificação das ações propostas no planejamento no intuito de definir formas de execução das tarefas previstas. A duração desta etapa pode variar de acordo às características do escopo. (STONNER, 2013)

A fase de execução de uma parada de manutenção é descrita por Cirqueira (2013, p.3):

A etapa denominada parada pode ser entendida como a realização do evento em toda a sua plenitude, entretanto requer um grande envolvimento de toda a equipe, para que os objetivos traçados e o resultado desejado sejam alcançados. Portanto necessita de

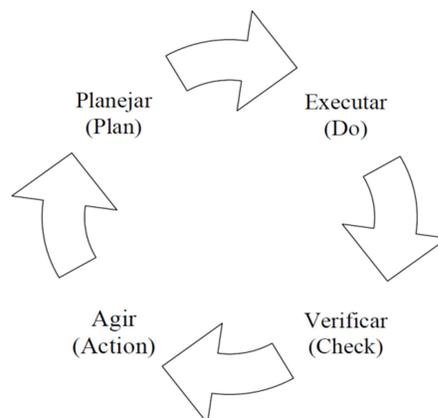
acompanhamento constante, o que permite o redirecionamento de ações ou redimensionamento dos recursos, caso seja necessário. Além de uma parceria muito estreita entre os segmentos de operação, manutenção e engenharia, que tem de ser comprometidos, para que os valores de SMS, prazos, custos e a qualidade desejada dos serviços sejam alcançados, o que permitirá o retorno do processo produtivo.

A etapa que segue após a execução das tarefas descritas é chamada de pós-parada, onde são realizadas as atividades comissionamento¹ e partida dos equipamentos, marcando assim o retorno à operação da planta.

É imprescindível, de acordo descreve Stonner (2013), após o término das atividades de uma parada, a elaboração de um Relatório Final de Parada, contendo todas as atividades realizadas, descrevendo qualquer problema encontrado e as soluções adotadas para mitigação dos mesmos, relatando os recursos demandados e destacando eventuais atividades que deixaram de ser realizadas, pois estas informações serão de grande importância para a formação do escopo do próximo evento de manutenção.

Nesse contexto de execução das etapas de uma parada de manutenção, cabe destacar uma ferramenta de gestão conhecida como ciclo PDCA, como demonstrado na Figura 1:

Figura 1: Fases do Ciclo PDCA



Fonte: Cirqueira (2013)

¹O termo Comissionamento designa a etapa de projeto que visa assegurar que os componentes de uma unidade industrial estejam projetados, instalados, testados, operados e mantidos de acordo com as necessidades e requisitos operacionais da unidade.

Como demonstrado na figura acima, o ciclo inicia-se na fase de *planejamento (Plan)* como forma de estabelecer objetivos e diretrizes, além de fornecer toda a metodologia a ser aplicada durante um projeto. Neste caso uma parada de manutenção, através de análise realizada a partir das informações fornecidas pelo escopo do evento. (BEZERRA, 2014).

A etapa seguinte é a de *execução (Do)*, fase na qual são efetivamente realizadas as tarefas previamente planejadas. Num projeto como uma parada de manutenção em plantas industriais, para garantir a confiabilidade desejada para operação dos equipamentos, surge a necessidade de uma avaliação da qualidade durante a fase de realização dos serviços, acarretando na terceira etapa do ciclo, a de *verificação (Check)*, na qual são analisados os resultados do que foi executado, comparando com as premissas estabelecidas no planejamento, permitindo assim uma verificação do cumprimento ou não dos objetivos previamente acordados (BEZERRA, 2014).

Com isso, após a verificação são definidas as *ações (Action)* para correção de possíveis falhas encontradas no processo, sendo que nesta etapa todo o ciclo é reiniciado, caracterizando esta ferramenta como parte do processo de melhoria contínua, pois permite de forma continuada a análise e o controle sobre os mais diversos tipos de processos existentes (BEZERRA, 2014).

Com tudo o que já fora explicitado, pode-se entender que para a organização de uma parada é inerente a definição de objetivos a serem alcançados, princípios e filosofia a serem adotados em concordância com os da empresa, em função das tarefas a serem realizadas, previamente estabelecidas no planejamento.

Para execução destas atividades é preciso envolver diferentes setores, conforme explana Stonner (2013):

- A operação, responsável pela parada e partida da planta;
- A inspeção, responsável pelas recomendações para formação do escopo da parada;

- A equipe de manutenção, responsável pela execução da maior parte das atividades previstas pelo planejamento;
- O setor de suprimentos, responsável pela aquisição dos materiais a serem utilizados durante o evento, entre outros.

Durante a etapa de execução, na qual efetivamente ocorre a perda de produção, o recurso pessoal demandado envolve equipe de diversas disciplinas, tais como caldeiraria, soldagem, inspeção de qualidade, limpeza industrial, pintura industrial, montagem de andaime, isolamento industrial, recursos administrativos, saúde ocupacional, segurança do trabalho, entre outros.

Para o sucesso de um empreendimento como uma parada, é imprescindível o envolvimento e comprometimento de todos estes profissionais junto às premissas estabelecidas no planejamento e aos objetivos previamente determinados. (CIRQUEIRA, 2013)

2.1.1. Soldagem na Manutenção

Soldagem é o processo de fabricação mais importante para obtenção de união de metais utilizado na indústria, como define Bracarense, Marques e Modenesi (2009, p.18) :

Processo de união de materiais baseado no estabelecimento de forças de ligação química de natureza similar às atuantes no interior dos próprios materiais, na região de contato entre os materiais sendo unidos.

A soldagem ainda hoje é uma das ferramentas muito utilizadas para aumentar a vida útil de equipamentos em geral. Contribui significativamente no aumento das campanhas operacionais, além de diminuir a necessidade de manter grandes estoques de sobressalentes. (BRANCO, 2010)

Esta importância dentro do cenário industrial é ressaltada por Brito e Paranhos (2005, p.1):

[...] a soldagem é hoje o mais importante processo industrial de fabricação de peças metálicas. O sucesso da soldagem está associado a diversos fatores e, em particular, com sua relativa simplicidade operacional e baixo custo quando comparada a outros métodos de fabricação.

O principal objetivo de uma soldagem de manutenção é agir com rapidez e de maneira eficiente para que os equipamentos e/ou peças que estejam sofrendo a intervenção retornem à operação a fim de garantir a produção.

Nesta etapa, é importante diferenciar a soldagem de fabricação e a soldagem de manutenção. A soldagem de fabricação normalmente é realizada em condições favoráveis, ou seja, em ambientes propícios, com as especificações de projetos determinadas, equipamentos de aplicação disponíveis, composição do metal de base conhecida, assim como os parâmetros a serem aplicados. Neste tipo de soldagem é possível a avaliação das características mecânicas da junta soldada através de ensaios destrutivos realizados a partir da produção de corpos de prova. (BRANCO, 2010)

Durante a execução da soldagem de manutenção, normalmente, surgem maiores dificuldades devido a algumas limitações de disponibilidade de informações e de materiais que são agravadas pela urgência, na maioria das vezes, das demandas de recuperação dos componentes das plantas industriais (SOLDAGEM..., 2014).

Em eventos definidos como paradas de manutenção em unidades industriais, normalmente, são aplicáveis tanto a soldagem de manutenção quanto a de fabricação, de acordo as tarefas previstas no planejamento a partir da análise do escopo proposto.

De acordo com Branco (2010), as etapas a serem cumpridas para a realização da soldagem de manutenção são similares às de fabricação, sendo elas:

- Análise da falha a ser reparada pelo processo de soldagem determinando a causa e as contribuições dos parâmetros de operação, avaliando a composição do material de base e verificando o estado do mesmo, por exemplo, se o material encontra-se encruado;
- Planejamento da execução para determinação do processo a ser utilizado e qual o metal de adição a ser aplicado, assim como verificar a necessidade de utilização de técnicas como pré e pós tratamento térmico, pré e pós usinagem, desempenho, entre outras;
- Elaboração de um procedimento contendo todas as informações relevantes para a execução da soldagem.

O recurso pessoal que compõe a equipe de manutenção industrial convive constantemente sob a pressão de situações imprevistas, com grande responsabilidade, sob exigências da liderança em obter respostas rápidas, apesar das limitações de recursos na maioria das vezes encontradas. Para isso, o capital humano que forma esta equipe para execução da manutenção deve conter elementos que possuam uma carga significativa de experiência no assunto. (QUITES, 2001)

Como, ainda hoje, grande parte das soluções adotadas em paradas de manutenção envolve processos de soldagem manuais, como, por exemplo, o processo de Eletrodo Revestido, existe uma forte dependência nas habilidades do profissional conhecido como soldador. Portanto, estes profissionais devem possuir habilidades especiais quanto à desenvoltura manual, além de flexibilidade para adaptar-se às mais diferentes posições de trabalho e ser capazes de seguir as instruções fornecidas para a execução da soldagem, alcançando os resultados desejados de produtividade, segurança e qualidade.

Dado o nível de responsabilidade atribuído a esta atividade de soldagem no contexto industrial, antes de produzir qualquer cordão de solda, a habilidade do soldador pode e deve ser avaliada conforme parâmetros normatizados, como por exemplo as diretrizes estabelecidas pela American Society of Mechanical Engineers (ASME), mais especificamente ASME section IX, que determina todas as etapas de qualificação deste profissional. (QUITES, 2001)

A busca constante pela melhoria contínua de desempenho da cadeia produtiva das empresas através dos indicadores de produtividade, qualidade, custos e flexibilidade, conforme explana Lustosa et al (2008 apud ALBERNAZ, CARVALHO e LEMOS, 2011), é o meio que estas organizações encontram de se estabelecer em um mercado cada vez mais competitivo. Por isso, os resultados de qualidade dos serviços prestados durante uma parada de manutenção tornam-se um dos fatores cruciais para garantia de confiabilidade aos sistemas que sofreram intervenção.

Neste contexto, mediante às observações práticas, cabe destacar a relação de interdependência entre a área de soldagem e controle de qualidade que se estabelece durante a realização de uma parada, pois através de resultados de ensaios realizados para controle de qualidade é possível mensurar a eficiência das atividades de soldagem. Por consequência, esta interação, quando bem conduzida, torna possível gerar indicadores de produtividade do serviço, bem como contribuir para o sucesso dos resultados que garantem confiabilidade aos sistemas ao final de um evento de manutenção.

Na etapa de planejamento, muitas avaliações, consultas e análise de soluções são realizadas, e para a manutenção torna-se imprescindível a agilidade e confiabilidade nas respostas alcançadas. São analisadas também novas tecnologias ao processo de execução e para a realização da etapa de soldagem não é diferente. Porém, limitações nos arranjos físicos de uma planta industrial, bem como a necessidade, na maioria das vezes, de uma mobilização rápida para execução entre uma frente de trabalho e outra, exigem, por consequência, processos de soldagem que demandem menos tempo e equipamentos para inicialização da tarefa.

Ainda hoje, de acordo às práticas adotadas no cenário industrial atual, é comum em paradas de manutenção a utilização de processos basicamente manuais, também citados como tradicionais, tais como os processos SMAW (Shielded Metal Arc Welding), conhecido como Eletrodo Revestido; GTAW (Gas Tungsten Arc Welding), conhecido como TIG (Tungsten Inert Gas); GMAW (Gas Metal Arc Welding), também conhecido como MIG (Metal Inert Gas) ou MAG (Metal Active Gas) e, ainda, quando envolvem atividades de fabricação no evento, o SAW (Submerged Arc Welding), conhecido como Arco Submerso. Com exceção deste último, estes processos podem ser aplicados em qualquer posição de soldagem,

driblando eventuais limitações nos arranjos físicos que possam ocorrer em uma planta industrial. Outra vantagem é que podem ser utilizados na soldagem da grande maioria dos materiais aplicados na indústria.

A utilização desses processos tradicionais também possui suas limitações, devido à forte dependência do fator humano, ou seja, o sucesso na execução das atividades de soldagem está intrinsecamente relacionado com a habilidade dos soldadores, dificultando assim uma padronização nos resultados. Outra limitação é o tempo de execução de um cordão de solda em relação aos processos mecanizados ou automatizados, tornando estes processos mais produtivos que manuais.

Cabe ressaltar que o investimento na qualificação dos profissionais habilitados para execução da soldagem, bem como a realização dos ensaios de controle de qualidade tendem a favorecer a padronização dos resultados dos diferentes soldadores.

2.2. CONTROLE DE CUSTOS RELACIONADOS À SOLDAGEM

Na busca incessante pela perpetuidade no mercado, as empresas precisam enfrentar diversas dificuldades diante de um cenário de elevada competitividade acrescida de uma imensa carga tributária, aliada muitas vezes às intensas modificações sofridas pelo mercado e a permanente demanda dos clientes por serviços e produtos de excelente qualidade com preços acessíveis. Neste contexto torna-se imprescindível adoção de ações para redução dos custos, já que nesse cenário os preços são determinados pelo mercado, portanto toda a lucratividade da empresa passa a ser dependente da parcela custo. (ZANLUCA, 2009 apud CERIOLI, CUNHA e STREHER, 2009)

Para contextualização, Dutra (2003) define a variável custo como a soma de todos os valores adicionados ao bem ofertado durante todo o processo de produção, sendo este acumulado aplicado como base para formação do preço final do produto.

Para enfrentar o desafio de obter a redução de custos em sua cadeia produtiva, é necessário que as empresas elaborem um plano de ações para o controle efetivo de suas atividades, tornando-as mais produtivas e evitando os desperdícios, garantindo assim a lucratividade almejada.

Conforme explica Cerioli, Cunha e Streher (2009) a partir do momento que as organizações adotam medidas de controle de custos, a metodologia para a formação dos preços de seus produtos e/ou serviços ofertados torna-se ainda mais precisa, além de auxiliar no processo de tomada de decisões gerenciais através das informações, geradas pelo sistema adotado para o controle, sendo as mesmas analisadas, geralmente, em conjunto com as percepções de mudanças nas demandas do mercado, permitindo assim uma melhor gestão sobre os custos.

Para que uma metodologia de controle de custos seja eficaz, é necessária uma avaliação rigorosa em todos os setores que formam a empresa, pois a geração de custos não está somente associada à cadeia de produção. Neste sentido, é importante que as empresas definam metas sólidas a partir de análise do mercado ao qual estão inseridas, estabelecer uma estratégia de controle de custos para todos os níveis da organização, bem como determinar meios para geração de indicadores, além de influenciar para que todas as partes que compõe a empresa se engajem nos mesmos objetivos estabelecidos, desenvolvendo dessa forma uma nova cultura de gestão dos custos. (CERIOLI, CUNHA e STREHER, 2009)

É possível perceber que para alcançar o sucesso num evento como uma parada de manutenção é indispensável não apenas excelentes resultados de qualidade na execução dos serviços propostos, como, também, é necessário obter lucratividades por meio destas atividades. E, para tal, torna-se imprescindível a adoção de um sistema eficiente de controle de todos os custos envolvidos nesse empreendimento.

Cabe ressaltar que o foco principal deste trabalho é voltado para o estudo sobre os custos relacionados às atividades envolvendo processos de soldagem durante paradas de manutenção industrial.

O conhecimento a respeito dos fatores que contribuem com os custos relacionados à soldagem permite à organização focar seus esforços em elementos estratégicos que favoreçam a redução de custos, contribuindo assim para uma melhoria de lucratividade e, conseqüentemente, amplia sua competitividade no mercado. Um modelo de controle de custo preciso permite um comparativo entre os efeitos sobre o custo total de uma simples alteração entre diferentes processos,

analisando, por exemplo, uma estimativa de redução significativa de custos na aplicação de um sistema automatizado que permita justificar um elevado investimento de instalação. Este modelo torna-se importante para gerar informações com maior nível de exatidão, para posterior utilização no processo gerencial de tomada de decisões. (MILLER, 2004)

Conforme explica Miller (2004) quanto maior o número de parâmetros a serem considerados nos cálculos dos custos de soldagem, ainda mais precisos serão os resultados alcançados, além de tornar mais visíveis as oportunidades de redução de custos dentro da cadeia produtiva. Dentro das premissas consideradas, o tempo associados às operações de soldagem e os custos com a folha de pagamento da mão de obra predominam, seja qual for a metodologia empregada.

2.2.1 Métodos de controle de custos de soldagem

Para determinar os custos relacionados às atividades de soldagem, podem ser adotadas metodologias complexas ou simplificadas. Os modelos complexos levam em consideração um grande número de fatores contribuintes para o cálculo dos custos, o que pode acarretar no aumento do grau de precisão dos resultados, porém estes modelos nem sempre devem ser considerados como a melhor alternativa, pois a depender dos fatores considerados com a adoção de metodologias simplificadas a eficiência nos resultados nos dois modelos pode ser equiparada. (MILLER, 2004)

Os métodos que serão descritos a seguir são classificados como simplificados. Nestas metodologias os custos são determinados considerando como base as contribuições dos valores despendidos com mão-de-obra e com consumíveis metálicos e de proteção.

De acordo com Miller (2004) os custos de soldagem podem ser estimados através dos métodos citados abaixo:

- Custo por unidade fabricada;
- Custo por comprimento soldado;
- Custo por unidade de homem-hora (Hh).

O cálculo do custo por unidade é a melhor alternativa para aquelas empresas que possui em sua cadeia produtiva peças padronizadas e que se repetem ao longo das estações de trabalho. Os parâmetros descritos como tipo de junta, configuração de chanfro, comprimento da solda, entre outros, são combinados, nesta metodologia, no valor total da peça fabricada, na qual o tempo de execução é medido diretamente por unidade produzida, sendo este parâmetro um dos mais importantes para consideração do valor de mão de obra. Por esse motivo, este método não exige a utilização da variável fator de operação².

O método para estimativa de custo de soldagem por comprimento depositado é muito aplicado para controle de linhas de produção com grandes volumes de solda.

Os valores obtidos pela adoção desta metodologia determina o parâmetro de tempo necessário para execução da soldagem através da medida de velocidade de deslocamento, conhecida como velocidade de soldagem. Os resultados deste método podem variar de acordo ao processo de soldagem adotado e ao tipo material de base a ser soldado, pois para cada variação destes parâmetros é possível obter uma velocidade de soldagem diferente. A alternância entre os processos de soldagem tem como consequência, também, a variação no fator de operação, outra parcela importante no cálculo dos custos por unidade de comprimento. (MILLER, 2004)

Existem, também, métodos de estimativa de custos envolvidos nas atividades de soldagem com abordagem ainda mais simplificada, considerando apenas os custos relacionados ao parâmetro de homem-hora, definido pelo produto entre o somatório dos recursos distribuídos num prazo definido e o total de horas produtivas em um dia. Esta metodologia possui como fundamento o levantamento e controle dos custos referente à mão de obra, tais como os valores despendidos com folha de pagamento, encargos sociais, EPI's, entre outros. Uma característica importante neste tipo de modelo de estimativa é a facilidade na obtenção das informações necessárias ao método.

² O fator de operação, como define Brito e Paranhos (2005), é determinado pela razão entre o tempo que o soldador permanece com o arco aberto e o tempo total de soldagem. Tal variável define o rendimento da operação de soldagem.

Neste modelo embasado no Hh, o percentual de contribuição dos consumíveis de soldagem no levantamento total dos custos é estimado através de taxa aplicada ao valor de Hh, podendo não ser eficiente a depender do volume de serviços de soldagem inseridos no escopo considerado para a formação do total de homem-hora.

2.2.2. Estimativa de custos por comprimento soldado

As etapas que serão descritas a seguir, possui como base o estudo proposto por Brito e Paranhos (2005), que contém diretrizes para determinação das parcelas de custos relacionados à soldagem por unidade de comprimento depositado.

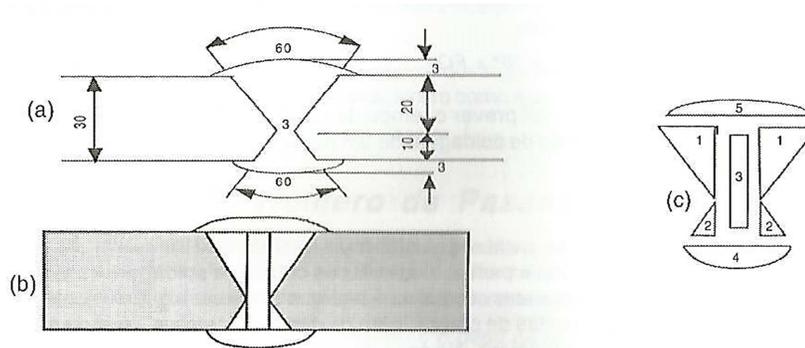
A determinação dos custos da soldagem é baseada nos fatores descritos abaixo sendo determinado pelo somatório dos mesmos:

- Custo do metal depositado;
- Custo da mão-de-obra;
- Depreciação do equipamento;
- Custo da manutenção;
- Custo de energia elétrica;
- Despesas gerais.

2.2.2.1. Cálculo da área seção transversal e do volume

Para obtenção da área da seção transversal de uma junta, é necessário conhecer o formato da mesma. A geometria da junta deve ser decomposta em figuras geométricas conhecidas, tais como triângulos, retângulos, entre outras formas que permitam o cálculo da área de cada uma dessas figuras. O somatório das áreas de todas as figuras obtidas será definido como a área da seção transversal da junta. A Figura 3 a seguir demonstra esta decomposição.

Figura 2: (a) Detalhe da junta soldada; (b) e (c) Decomposição em figuras geométricas.



Fonte: Brito e Paranhos (2005)

A Tabela 1 abaixo apresenta fórmulas para o cálculo da área da seção transversal de acordo ao tipo de chanfro. Trata-se de um resultado da decomposição da geometria da junta. Para obtenção da área é necessário inserir como variáveis de entrada os dados de espessura da junta (e), nariz do chanfro (h), abertura da junta (d) e ângulo da junta (θ), informações contidas na IEIS. Estas variáveis podem ser visualizadas na Figura 3 a seguir.

Tabela 1: Cálculo da área da seção transversal.

| CHANFRO | ÁREA DA SEÇÃO TRANSVERSAL |
|---------|---|
| V | $A_s = [(e - h)^2 * \tan(\frac{\theta}{2})] + (d * e)$ |
| DUPLO V | $A_s = 0,5 * [(e - h)^2 * \tan(\frac{\theta}{2})] + (d * e)$ |
| K | $A_s = 0,5 * [(e - h)^2 * \tan(\theta)] + (d * e)$ |
| Y | $A_s = 0,25 * [(e - h)^2 * \tan(\theta)] + (d * e)$ |
| U | $A_s = (d * 19,05) + \left[\frac{19,05^2 * \tan(37,05^\circ)}{2} \right] + \{ [d + (2 * 19,05 * \tan(37,5^\circ))] * (e - 19,05) \} + \left[\frac{(e - 19,05)^2 * \tan(10^\circ)}{2} \right]$ |
| ANGULO | $A_s = \frac{5 * e}{4}$ |

Fonte: Marques (2009)

Figura 3: Elementos do Chanfro.



Fonte: Bracarense, Marques e Modenesi (2009)

O produto entre a área da seção transversal (A_s) e o comprimento da junta (L) obtém como resultado o volume de solda depositado na junta.

$$\text{Volume (mm}^3\text{)} = \text{Área da seção transversal (mm}^2\text{)} \times \text{Comprimento (mm)}$$

$$V = A_s \times L$$

Para obtenção do comprimento da junta em uniões de tubulações, é preciso considerar o perímetro circunferencial, obtido através do produto entre a grandeza π e o diâmetro da tubulação (D).

$$L = \pi \times D$$

2.2.2.2. Custo dos Consumíveis

Para determinação dos custos relacionados aos consumíveis de soldagem, definidos neste módulo da metodologia como metal de adição e gases de proteção ou purga, primeiramente deve-se estimar a quantidade necessária para a execução das atividades de soldagem definidas no escopo acordado.

Inicialmente, é necessário determinar o peso do metal depositado, unidade de comprimento, obtido pelo produto entre o volume do metal de solda e a densidade (peso específico) do material do metal de base.

$$\text{Peso do Metal Depositado (kg/m)} = \frac{\text{Volume (mm}^3\text{)} \times \text{Densidade (g/mm}^3\text{)}}{1000}$$

$$PMD = \frac{V \times \rho}{1000}$$

A Tabela 2 apresenta a densidade de alguns elementos.

Tabela 2: Densidade, ρ , dos principais elementos de ligas metálicas.

| <i>MATERIAL</i> | <i>SÍMBOLO QUÍMICO</i> | <i>DENSIDADE (g/mm³)</i> |
|--------------------|------------------------|-------------------------------------|
| <i>Alumínio</i> | Al | 0,00270 |
| <i>Carbono</i> | C | 0,00351 |
| <i>Cobalto</i> | Co | 0,00885 |
| <i>Cobre</i> | Cu | 0,00896 |
| <i>Cromo</i> | Cr | 0,00719 |
| <i>Ferro</i> | Fe | 0,00787 |
| <i>Magnésio</i> | Mg | 0,00174 |
| <i>Molibidênio</i> | Mo | 0,01020 |
| <i>Níquel</i> | Ni | 0,00890 |
| <i>Titânio</i> | Ti | 0,00451 |
| <i>Aço</i> | (Fe + C) | 0,00785 |

Fonte: Brito e Paranhos (2005)

A densidade de uma liga contendo esses elementos listados acima, também, pode ser obtida pela média ponderada calculada através do somatório dos produtos da densidade específica de cada elemento e o seu percentual na composição da liga.

2.2.2.2.1. Quantidade de Metal de Adição

A quantidade de consumível (metal de adição) é obtida através do produto entre o peso do metal depositado e o comprimento de solda já calculado, dividindo-se pela eficiência de deposição.

Quantidade de Consumível Metal de Adição (kg)

$$= \frac{\text{Peso do Metal Depositado (kg/m)} \times \text{Comprimento (m)}}{\text{Eficiência de Deposição (\%)}}$$

$$QCM = \frac{PMD \times L}{ED}$$

A eficiência de deposição é, por definição, a razão entre o peso do metal depositado e o peso do material consumido para esse depósito. Esta variável pode ser determinada pela relação entre o peso final e o peso inicial da peça, dividido pelo peso do material consumido.

Este conceito torna-se necessário no cálculo da quantidade de consumível, pois durante as operações de soldagem parte do material consumido não é totalmente aproveitado devido a perdas, tais como formação de escória, pontas e respingos. A eficiência de deposição é importante para se determinar a quantidade do metal de adição necessário para a soldagem de uma junta. A Tabela 3 fornece valores típicos da eficiência de deposição para os processos de soldagem.

Tabela 3: Eficiência de deposição típica para alguns processos de soldagem.

| <i>PROCESSO</i> | <i>METALDE ADIÇÃO</i> | <i>EFICIÊNCIA DEPOSIÇÃO</i> | <i>VALOR MÉDIO</i> |
|-----------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------|
| <i>SMAW</i> | Eletrodo Revestido | 0,55 a 0,75 | 0,65 |
| <i>GTAW</i> | Vareta | 0,90 a 0,94 | 0,92 |
| <i>SAW</i> | Arame Sólido | 0,95 a 0,99 | 0,97 |
| <i>GMAW</i> | Arame Sólido | 0,90 a 0,96 | 0,93 |
| <i>FCAW-GS</i> | Arame Tubular | 0,84 a 0,90 | 0,87 |
| <i>FCAW-SS</i> | Arame Tubular | 0,80 a 0,86 | 0,83 |

Fonte: Brito e Paranhos (2005)

2.2.2.2.2. Quantidade de Gases de Proteção ou Purga

Através dos valores do peso do metal depositado e o peso de um cordão de solda, por unidade de comprimento, é possível estimar o número de passes de uma junta, pela razão entre o primeiro e o segundo:

$$\text{Número de Passes} = \frac{\text{Peso do Metal Depositado (kg/m)}}{\text{Peso de Passe (kg/m)}}$$

$$NP = \frac{PMD}{PP}$$

O peso de um passe pode ser obtido pela razão entre a taxa de deposição do processo que será usado e a velocidade de soldagem:

$$\text{Peso de um Passe (kg/m)} = \frac{\text{Taxa de Deposição (kg/h)}}{0,6 \times \text{Velocidade de Soldagem (cm/min)}}$$

$$PP = \frac{TD}{0,6 \times VS}$$

O fator de conversão de cm/min para m/h é representado pelo valor 0,6.

Esta etapa introduz outro conceito importante para as demais, a taxa de deposição (*TD*). Trata-se de um parâmetro que define a produtividade da operação de soldagem e produções com elevado volume de metal de solda depositado é o principal fator a ser considerado na análise de produtividade. É determinada pelo peso do metal depositado por unidade de tempo.

$$\text{Taxa de Deposição (kg/h)} = \frac{\text{Peso do Metal Depositado (kg)}}{\text{Tempo de Arco Aberto (h)}} \times 60$$

$$TD = \frac{PMD}{TAA} \times 60$$

Para definição do processo de soldagem, a taxa de deposição não deve ser considerada como único fator predominante na escolha. É importante, também, avaliar fatores como pessoal qualificado, disponibilidade de equipamento para execução, eficiência de deposição, posição de soldagem adequada, entre outros.

As principais variáveis que influenciam na taxa de deposição para um determinado processo de soldagem são:

- **Intensidade de corrente:** quanto maior a intensidade de corrente, maior a taxa de deposição;
- **Densidade de corrente no eletrodo:** quanto maior a densidade, maior a taxa de deposição. Porém existem situações onde para uma mesma densidade de corrente, a taxa de deposição é maior para o eletrodo de maior diâmetro;

- **Tipo de corrente e polaridade:** para correntes contínuas, a polaridade negativa no eletrodo possui maior taxa de deposição em relação à polaridade positiva, entretanto a primeira apresenta maior dificuldade de controle do formato do cordão de solda produzido. Corrente alternada tem um comportamento intermediário entre polaridade negativa e positiva;
- **Diâmetro do eletrodo:** quanto maior o diâmetro do eletrodo, maior a taxa de deposição, pois maior será a capacidade de conduzir corrente do mesmo;
- **Extensão do eletrodo:** o aumento da extensão do eletrodo acarreta no aumento da taxa de deposição e reduz a penetração;
- **Posição de soldagem:** a posição plana oferece a melhor condição para obter maiores taxas de deposição. A aplicação de soldagem nas demais posições demanda o emprego de intensidade de corrente menor, gerando em uma menor taxa de deposição.

A Tabela 4 apresenta os diferentes valores de taxas de deposição típicas para vários processos de soldagem a arco elétrico.

Tabela 4: Taxa de deposição típica para os principais processos de soldagem a arco elétrico.

| TAXA DE DEPOSIÇÃO | |
|--|---------------|
| Processo de Soldagem | (kg/h) |
| <i>Eletrodo Revestido</i> | 1,0 a 3,0 |
| <i>MIG – MAG</i> | 2,0 a 6,0 |
| <i>Arame Tubular</i> | 3,0 a 8,0 |
| <i>Arco Submerso (1 arame)</i> | 5,0 a 12,0 |
| <i>Twin-Arc (Arco Submerso ou MIG-MAG)</i> | 10,0 a 25,0 |
| <i>Tandem-Arc (Arco Submerso ou MIG-MAG)</i> | 12,0 a 30,0 |

Fonte: Brito e Paranhos (2005)

O Tempo de Arco Aberto (*TAA*) pode ser definido como o tempo efetivo que foi despendido para execução do cordão de solda. Pode ser obtido monitorando o tempo real ou através do seguinte cálculo:

$$\text{Tempo de Arco Aberto (min)} = \frac{\text{Comprimento da Solda (cm)}}{\text{Velocidade de Soldagem (cm/min)}}$$

$$TAA = \frac{L}{VS}$$

A quantidade de gás consumido varia de acordo ao tempo de arco aberto, que por sua vez é função da taxa de deposição. Durante execução da soldagem com processo que confira uma maior taxa de deposição, demandará um menor consumo de gás. Para determinar a quantidade de gás requerida por unidade de comprimento adota-se:

$$\text{Quantidade de Consumíveis Gás (l/m)} = \frac{100 \times \text{Vazão de Gás (l/min)}}{\text{Velocidade de Soldagem (cm/min)}}$$

$$QCG = \frac{100 \times VG}{VS}$$

Para conversão de l/cm para l/m, multiplica-se por 100.

O consumo total de gás é obtido através da seguinte equação:

$$\begin{aligned} &\text{Quantidade de Consumíveis Gás (l)} \\ &= \frac{\text{Comprimento da Solda (cm)} \times \text{Vazão de Gás (l/min)} \times \text{Número de Passes}}{\text{Velocidade Soldagem (cm/min)}} \end{aligned}$$

$$QCG = \frac{L \times VG \times NP}{VS}$$

Como descrito anteriormente, a razão entre o comprimento de solda e a velocidade de soldagem, define o tempo de arco aberto. Portanto:

$$QCG = TAA \times VG \times NP$$

Para aqueles processos que necessitam de vazão de gás de purga para execução do passe de raiz, o mecanismo de obtenção da quantidade requerida de gás é similar:

Quantidade de Consumíveis Gás Purga (l)

= Tempo de Arco Aberto (min) x Vazão do Gás de Purga (l/min)

$$QCGP = TAA \times VGP$$

Nesta análise da quantidade de gás consumido não estão incluídos perdas por vazamentos, picos de vazão no acionamento da tocha e fechamento da vazão de gás.

O custo total dos consumíveis é obtido pelo produto do preço do consumível e a quantidade do mesmo.

Custo Total dos Consumíveis (\$)

= Quantidade de Consumível Metal (kg) x Preço do Consumível (\$/kg)

+ Quantidade de Consumível Gás (m³) x Preço do Consumível (\$/m³)

+ Quantidade de Consumível Gás Purga (m³) x Preço do Consumível (\$/m³)

$$CC = QCM \times PCM + QCG \times PCG + QCGP \times PCG$$

2.2.2.3. Tempo de Soldagem

O Tempo de Soldagem (TS) também pode ser estimado de forma empírica, efetuando a medição do tempo real consumido ou calculado através das equações abaixo:

$$\text{Tempo de Soldagem (h/m)} = \frac{\text{Peso do Metal Depositado (kg/m)}}{\text{Taxa de Deposição (kg/h) x Fator de Operação (\%)}}$$

$$TS \text{ (h/m)} = \frac{PMD}{TD \times FO}$$

Para contextualização, é importante definir outra variável essencial para construção da metodologia, o fator de operação. Definido como a razão entre o tempo que é estabelecido o arco aberto (TAA) e o Tempo de Total de Soldagem (TTS). É um fator básico para determinar o rendimento da operação de soldagem, de acordo ao processo adotado. Demanda um maior grau de precisão em sua

obtenção, a fim de proporcionar avaliações seguras e corretas, além disso, trata-se de um fator presente na maioria dos métodos para estimativa de custo de soldagem.

$$\text{Fator de Operação (\%)} = \frac{\text{Tempo de Arco Aberto (s)}}{\text{Tempo Total de Soldagem (s)}} \times 100$$

$$FO = \frac{TAA}{TTS} \times 100$$

O tempo total de soldagem é resultado da soma entre o tempo de arco aberto e o tempo de parada (TP), por isso o fator de operação pode ser obtido por:

$$\text{Tempo Total de Soldagem (s)} = TAA + TP$$

$$\text{Fator de Operação (\%)} = \frac{\text{Tempo de Arco Aberto (s)}}{\text{Tempo de Arco Aberto (s)} + \text{Tempo de Parada (s)}} \times 100$$

$$FO = \frac{TAA}{TAA + TP} \times 100$$

Pela relação de dependência entre as variáveis tempo de soldagem e fator de operação, cabe destacar que tais fatores dependem do processo de soldagem a ser aplicado, do nível de organização da empresa, da dedicação do soldador e seu comprometimento durante a execução das demais atividades, como esmerilhamento, reabastecimento de material, entre outras tarefas que não caracterize uma progressão contínua da soldagem.

A Tabela 5 apresenta valores do fator de operação para os diferentes processos de soldagem.

Tabela 5: Valores típicos para o fator de operação.

| <i>Processo</i> | <i>Tipo de Soldagem</i> | <i>Fator de Operação (%)</i> | |
|---------------------------|-------------------------|------------------------------|---------------|
| | | Faixa | Típico |
| <i>Eletrodo Revestido</i> | Manual | 10 a 30 | 20 |
| <i>Tig</i> | Manual | 10 a 45 | 27,5 |
| <i>Arco Submerso</i> | Automática | 40 a 70 | 55 |
| <i>Mig-Mag</i> | Semi-Automática | 20 a 45 | 32 |
| <i>Arame Tubular</i> | Semi-Automática | 20 a 45 | 32 |

Fonte: Brito e Paranhos (2005)

2.2.2.4. *Custo de Mão de Obra*

Através deste modelo, o valor de mão de obra é definido pela soma entre o valor do salário do soldador acrescido dos encargos sociais. Deve ser incluído o “overhead”, ou seja, salário de supervisores, gerentes, contabilidade e administração.

As empresas determinam previamente o valor da mão de obra e “overhead”, a fim de possibilitar a análise dos custos. O valor, expresso por hora de trabalho (\$/h), é definido como sendo a média horária dos salários envolvidos diretamente na soldagem, como engenheiros, supervisores, encarregados, caldeireiros, soldadores e ajudantes.

O custo da mão de obra é calculado multiplicando o tempo de soldagem (h/m) pelo valor da mão de obra/hora:

Custo da Mão de Obra (\$/m)

= Tempo de Soldagem (h/m) x Valor da Mão de Obra (\$/h)

$$CMO = TS \times VMO$$

2.2.2.5. Custo da energia elétrica

O custo da energia elétrica possui como principal base de cálculo as variáveis intensidade de corrente (I), tensão no arco (E) e tempo de soldagem (TS). Pode ser obtido através de:

$$CEE = \frac{1,73 \times E \times I \times TS \times W}{1000 \times E_f}$$

Para aplicação da equação citada são necessárias as seguintes variáveis de entrada:

- Preço do kWh (W), expresso em \$/kWh;
- Tensão no arco elétrico estabelecido (E);
- Intensidade de corrente de soldagem (A);
- Tempo de soldagem (TS);
- Eficiência do processo (E_f);

A tabela 6 abaixo apresenta os valores de eficiência do processo para diferentes processos de soldagem:

Tabela 6: Valores típicos de eficiência de processo.

| <i>Processo de Soldagem</i> | <i>Eficiência de Processo E_f (%)</i> |
|-----------------------------|--|
| <i>SMAW</i> | 50 |
| <i>GTAW</i> | 60 |
| <i>GMAW</i> | 80 |
| <i>FCAW</i> | 80 |
| <i>SAW</i> | 80 |

Fonte: Brito e Paranhos (2005)

2.2.2.6. Depreciação do equipamento

O custo da depreciação dos equipamentos relacionados às atividades de soldagem é obtido através da razão entre a depreciação e a produção mensal:

$$\text{Depreciação do Equipamento (\$)} = \frac{\text{Depreciação Mensal (\$/mês)}}{\text{Produção Mensal (mês)}}$$

$$DE = \frac{DM}{PM}$$

A depreciação mensal pode ser determinada considerando-se uma depreciação de 10% ao ano no valor de aquisição do equipamento.

$$\text{Depreciação Mensal (\$/mês)} = \frac{10\% \text{ do Valor do Equipamento (\$)}}{12 \text{ (mês)}}$$

$$DM = \frac{0,1VE}{12}$$

A produção mensal é uma informação que normalmente é de conhecimento da empresa, ou pode ser calculada através de:

Produção Mensal (kg)

$$= \frac{\text{Número de Horas Trabalhadas (h)} \times \text{Peso do Metal Depositado (kg)}}{\text{Tempo de Soldagem (h)}}$$

$$PM = \frac{NHT \times PMD}{TS}$$

2.2.2.7. Custo de manutenção

O custo de manutenção dos equipamentos deve ser estimado pela empresa. Este valor refere-se, basicamente, aos consertos e/ou substituição de peças com desgaste e mão de obra empregada.

Considerando as despesas de manutenção por mês e a produção mensal, pode-se calcular o custo de manutenção através da equação.

$$\text{Custo de Manutenção (\$/m)} = \frac{\text{Despesa Mensal com Manutenção (\$)}}{\text{Produção Mensal (m/mês)}}$$

$$CM = \frac{DM}{PM}$$

2.2.2.8. *Despesas gerais*

Nas despesas gerais podem ser considerados todos os outros custos necessários para a execução da soldagem, tais como gastos com pré-aquecimento, pós-aquecimento, alinhamento, ensaios não-destrutivos, tratamentos térmicos, corte, usinagem, esmerilhagem, teste de produção, qualificação de procedimentos de soldagem, qualificação de soldadores, anti-respingos, material de proteção individual, porta eletrodos, bico de contato, bocais, goivagem e outros. Alguns desses custos podem ser obtidos facilmente multiplicando-se a quantidade gasta no mês pelo preço unitário e dividindo-se por metro de solda ou por quilo de metal depositado.

O capítulo seguinte apresenta uma metodologia para levantamento dos custos relacionados às atividades de soldagem em paradas para manutenção contendo elementos importantes abordados nesta revisão bibliográfica.

3. METODOLOGIA

3.1. FORMAÇÃO DE ORÇAMENTOS EM PARADAS DE MANUTENÇÃO

A execução de atividades de manutenção trata-se de uma atividade fim de muitas empresas atuantes no setor industrial. De acordo a Bracarense, Marques e Modenesi para a garantia de estabilidade financeira neste mercado, faz-se necessário um elevado índice de precisão no processo de formação de preços para os serviços ofertados.

Para melhor entendimento da metodologia que será proposta neste trabalho, faz-se necessária a contextualização, apresentando o modelo de determinação de custos aplicada para formação de orçamentos em uma empresa da área de engenharia industrial, que presta serviço de construção, montagem e manutenção em plantas industriais, principalmente aquelas relacionadas ao setor petroquímico. A participação em paradas de manutenção das unidades industriais é o foco dos serviços da empresa em questão.

O processo de formação do preço global dos serviços ofertados para a execução de um evento como uma Parada de Manutenção é composto das seguintes etapas:

1ª Etapa: recebimento e avaliação do pacote de escopo formado pelas informações cedidas pela operação e inspeção no acompanhamento da rotina de operação dos equipamentos e das informações coletadas a partir de relatórios de intervenções anteriores;

2ª Etapa: construção do planejamento, baseado no escopo recebido, descrevendo as atividades necessárias para o cumprimento dos termos previstos para a manutenção dos equipamentos da planta. Como consequência, é possível a determinação do prazo necessário para a execução da parada, além de determinar os recursos (pessoal e material) para execução das tarefas no prazo estipulado. Nesta etapa, normalmente, são utilizados programas de processamento de dados para obtenção de um cronograma de serviços, como, por exemplo, o software MS Project, especializado em gestão de projetos.

3ª Etapa: formação de um histograma³ a partir do nivelamento dos recursos apresentados no planejamento, através da distribuição, no prazo definido, dos recursos responsáveis por executar cada atividade elencada no cronograma da parada. Neste histograma são apresentadas as funções necessárias para a execução das tarefas previstas, desde a mão de obra direta, tais como caldeireiros, soldadores, eletricitas, entre outros; mão de obra de apoio como inspetores, auxiliares administrativos, técnicos de segurança, entre outros, até os cargos de liderança, como supervisores e engenheiros.

A Figura 2 a seguir apresenta o exemplo de um histograma definido para execução de um serviço de manutenção num trocador de calor que possuía como escopo:

- A substituição de toda a estrutura de suportaçãõ do equipamento;
- Abertura do equipamento, para avaliação da integridade por parte da inspeção através de ensaios não destrutivos;
- Selagem com solda de todos os tubos internos que compõe o trocador.

A partir da avaliação do escopo foi gerado um planejamento das atividades e em cada tarefa foram previstos os recursos necessários, gerando então o histograma:

³Conforme define FARIA (2014) "histograma é uma ferramenta de análise e representação de dados quantitativos, agrupados em classes de frequência que permite distinguir a forma, o ponto central e a variação da distribuição, além de outros dados como amplitude e simetria na distribuição dos dados".

Figura 4: Exemplo de um histograma de recursos.

| FUNÇÃO | DIAS | seg | ter | qua | qui | sex | sáb | dom | seg | ter | qua | qui | sex | sáb | dom | TOTAL | TOTAL Hh |
|-----------------------------------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|--------------------------|----------------|
| | | 1/11 | 2/11 | 3/11 | 4/11 | 5/11 | 6/11 | 7/11 | 8/11 | 9/11 | 10/11 | 11/11 | 12/11 | 13/11 | 14/11 | | |
| MÃO-DE-OBRA DIRETA DIA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOD DIA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Caldeireiro | | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | | | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | | | 160 | 1467,2 |
| Encarregado de Caldeiraria | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | 20 | 183,4 |
| Lixador | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | 20 | 183,4 |
| Maçariqueiro | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 10 | 91,7 |
| Soldador TIG/ER | | 6 | 6 | 8 | 8 | 8 | | | 8 | 8 | 4 | 4 | 4 | | | 64 | 586,88 |
| Eletricista de Alta Tensão (F/C) | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 10 | 91,7 |
| Ajudante de Produção Complementar | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | 20 | 183,4 |
| Encarregado de Andaime | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 10 | 91,7 |
| Encarregado de Pintura | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 5 | 45,85 |
| Montador de Andaime | | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | | | 60 | 550,2 |
| Pintor | | | | | | | | | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | 20 | 183,4 |
| Pintor Letrista | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 5 | 45,85 |
| SUBTOTAL MOD DIA | | 37 | 37 | 39 | 39 | 39 | 0 | 0 | 45 | 45 | 41 | 41 | 41 | 0 | 0 | 120 | 1100,40 |
| MÃO-DE-OBRA INDIRETA DIA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOI DIA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Engenheiro de Produção | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 10 | 91,7 |
| Supervisor de Produção | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 10 | 91,7 |
| Técnico de Segurança | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 10 | 91,7 |
| Inspetor de Solda N1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 10 | 91,7 |
| Inspetor de LP/EVS | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 5 | 45,85 |
| Inspetor de Equipamentos | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | 3 | 27,51 |
| Supervisor de Inspeção | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 10 | 91,7 |
| Técnico de Materiais | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | | | | | | 7 | 64,19 |
| Técnico de Planejamento | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 10 | 91,7 |
| Almoxarife | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 10 | 91,7 |
| SUBTOTAL MOI DIA | | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 0 | 0 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 0 | 0 | 85 | 779,45 |
| TOTAL GERAL | | 45 | 45 | 47 | 47 | 47 | 0 | 0 | 54 | 54 | 50 | 50 | 50 | 0 | 0 | Total Geral de Hh | 1879,85 |

Fonte: Próprio autor.

É possível visualizar a distribuição do recurso pessoal definido pelo planejamento através do prazo determinado, gerando um valor de homem-hora. Este parâmetro é determinado pelo produto entre o somatório dos recursos distribuídos num prazo definido e o total de horas produtivas no dia, definido como 9,17 horas, valor definido conforme convenção coletiva estabelecida. Esta ferramenta é fundamental para o planejamento de mobilização e desmobilização de cada recurso. Por exemplo, o recurso soldador TIG/ER que tem sua equipe reduzida à metade por efeito de desmobilização nos 3 (três) últimos dias devido à demanda reduzida do serviço neste período.

Para composição do histograma é preciso conhecer as funções necessárias para a execução do serviço, podendo variar de acordo com o escopo definido, sendo o preenchimento deste histograma determinado pelo planejamento, conforme demanda para execução do escopo de serviço acordado. No Apêndice I é

apresentado um banco de dados com todas as funções possíveis de aplicação durante um evento na empresa de manutenção sob estudo.

4ª Etapa: elaboração do preço do serviço, por meio da inserção dos valores de recurso e prazo na matriz de orçamento, que possui como variável de entrada o parâmetro de homem-hora (Hh), sendo esta variável a unidade responsável por gerar todos os custos discriminados na matriz, como, por exemplo, valores de salários, encargos sociais, refeição, entre outros.

3.1.1. Composição da Matriz de Orçamento

Para entendimento do processo de formação do preço global dos serviços ofertados pela empresa prestadora de serviço de construção, montagem e manutenção em plantas industriais, serão apresentadas a seguir as premissas da matriz de orçamento responsável pela compilação dos dados e geração do preço final para cada serviço prestado em eventos de parada de manutenção.

Os eventos de paradas de manutenção têm como premissa a execução dos serviços no menor tempo possível, já que cada dia que um equipamento está em manutenção representa uma perda de produção e conseqüentemente uma perda financeira para a indústria. Por isso, os orçamentos para realização destes eventos são elaborados tomando por base períodos mensais, diferentemente das obras de longa duração, nas quais os orçamentos baseiam-se em períodos anuais.

O primeiro passo da construção da matriz orçamentária é determinar a quantidade de horas produtivas no mês, que será a base de cálculo da mesma. Para isso é necessário conhecer o calendário anual de trabalho para visualização dos feriados nacionais ou facultativos (conforme convenção coletiva local) e dos feriados estaduais e municipais que variam conforme região e/ou cidade. Após avaliação mês a mês dos dias úteis de acordo ao calendário vigente e considerando a premissa contratual de 44 horas de jornada semanal de trabalho com o regime de 8 horas de trabalho de segunda a sexta e 4 horas aos sábados, encontra-se o valor de aproximadamente 184 horas trabalhadas mensais, excluindo deste cálculo apenas os domingos.

Na convenção coletiva vigente para a empresa objeto deste estudo, existe uma cláusula que determina uma folga mensal para o trabalhador, com isso, para manter como média de horas trabalhadas o valor determinado de 184 horas trabalhadas mensais, há um acréscimo na jornada de trabalho nos outros dias produtivos do mês, alternando de 8 horas para 9,17 horas trabalhadas por dia, sendo os sábados remunerados conforme convenção coletiva.

Após estabelecer a quantidade de horas produtivas mensais, é possível compilar na matriz os valores de homem-hora independente da definição da data de início das atividades, onde os dados de entrada, recursos e tempo necessários para execução do evento, fundamentais para o cálculo de homem-hora são apresentados no histograma e definidos pelo planejamento.

Com a definição do calendário, a matriz torna-se a base orçamentária vigente naquele ano, com interação dinâmica para inserir qualquer alteração seja nos dias de feriados ou no valor de outras taxas que serão descritas posteriormente.

Toda a base da estrutura de cálculos para formação do preço na matriz é determinada a partir do valor de homem-hora definido para cada função proposta no histograma; pois, na metodologia apresentada, com este valor é possível computar todos os outros custos envolvidos numa parada de manutenção.

A mão de obra que executa os serviços de manutenção é formada por pessoas com funções bem definidas e para cada função estão vinculados os seguintes custos: salário, adicionais sobre o salário, encargos sociais, despesas complementares, benefícios, exames admissionais e periódicos, EPI (Equipamento de Proteção Individual), despesas com treinamentos e kit de ferramentas.

O salário pode ser definido como a remuneração mensal ou por hora que cada função tem na empresa, incluindo qualquer gratificação por exercer cargo de liderança. O valor do salário respectivo à função deve ser determinado de acordo à convenção trabalhista da categoria, ou simplesmente adotando os valores praticados no mercado de trabalho.

De acordo com o ambiente e a jornada de trabalho imposta em cada evento de manutenção, a remuneração de cada função pode ter um adicional atribuído conforme legislação trabalhista, tais como:

- Hora Extra: adicional devido à prestação de serviço por um período excedente à duração da jornada de trabalho acordada conforme legislação trabalhista e convenção coletiva, com remuneração, prevista pela CLT (Consolidação das Leis do Trabalho), 50% sobre o valor da hora determinado para cada função, sendo este fator 100% em eventuais trabalhos aos sábados e domingos;
- Periculosidade: adicional atribuído àqueles trabalhadores que executam suas funções em condições de risco, com remuneração 30% sobre o salário do trabalhador;
- Insalubridade: remuneração adicional destinada àqueles trabalhadores que possuem como atribuição atividades insalubres, com percentual aplicado sobre o salário mínimo, podendo variar de 10 a 40%, de acordo aos termos definidos pela CLT ou acordo coletivo. Uma função, conforme legislação, não pode acumular em sua remuneração os adicionais de periculosidade e insalubridade;
- Adicional Noturno: aplicado àqueles trabalhadores que possuem sua jornada de trabalho entre as 22:00 e 5:00 horas, com remuneração de 37,14% sobre cada hora de trabalho noturno;
- Sobreaviso: caracteriza as horas que o trabalhador permanece a disposição da empresa, mesmo após o cumprimento de sua jornada contratualmente acordada, adicionando-se um percentual de 33,3% sobre o valor da hora normal de cada função;
- Adicional de Turno: considerado para os serviços que adotam um sistema de revezamento de turnos de trabalho, com jornada acima de 6 horas, a CLT prevê este adicional para compensar o intervalo de descanso, com percentual de 50% sobre a remuneração do período de descanso.

Na matriz de orçamento, sob estudo, além de considerar em sua base de cálculo os custos com os salários de cada função prevista no histograma, sendo a

remuneração contratual e qualquer adicional necessário, considera também outro fator de custo importante, os encargos sociais, que estão diretamente relacionados a essas remunerações.

Os encargos sociais representam os custos relacionados às obrigações sociais da empresa contratante e definidos pela legislação trabalhista como um percentual fixo sobre o valor formado pela folha de pagamento, incluindo neste valor o custo com os salários e adicionais. O valor do percentual referente a esta parcela de custo é calculado através de estimativas de parâmetros como números de dias efetivamente trabalhados, estatísticas sobre taxa de natalidade, acidentes de trabalho, taxa de absenteísmo, entre outros, refletindo as especificidades do setor de engenharia industrial, sendo esta a área de atuação da empresa. Ou seja, o percentual de encargos sociais adotado por cada empresa varia de acordo ao perfil da mesma, tendo por base alguns requisitos mínimos legais.

Dentre os encargos praticados, existem os classificados como básicos, incidentes sobre o total da folha de pagamento mensal e aplicados a todos os trabalhadores, tais como FGTS (Fundo de Garantia do Tempo de Serviço), seguro de acidente de trabalho, entre outros. Existem ainda aqueles encargos provisionados a partir do total de dias produtivos, podendo variar de acordo a função, sendo eles o percentual adotado referente ao aviso prévio, férias, auxílio enfermidade ou acidente, 13º salário, rescisão sem justa causa, entre outras taxas. O valor total do percentual aplicado sobre a remuneração, na empresa em questão, pode variar, conforme a função, de, aproximadamente, 60% a 106%⁴. Portanto, além do custo da folha de pagamento repassada ao trabalhador, a empresa ainda precisa somar o custo referente aos encargos sociais.

Outras parcelas de custo adotadas pela empresa são as despesas complementares ofertados aos trabalhadores, tais como alimentação, transporte, assistência médica e treinamentos técnicos ou de assuntos relacionados à segurança do trabalho. De acordo aos valores definidos nos contratos com os fornecedores destes benefícios, para a base cálculo da matriz orçamentária, foi estipulado um valor fixo para cada um destes parâmetros, gerando uma relação de

⁴ Valores fictícios, pois tais percentuais podem variar de acordo com as parcelas adotadas para compor os encargos sociais em cada empresa.

proporcionalidade com o total de homem-hora inserido na matriz. Desta mesma forma, também, são calculados os custos referentes aos exames admissionais e periódicos.

Para execução de serviços dentro de uma unidade industrial, é exigido por lei o fornecimento de EPI's ao trabalhador, sendo os básicos fardamento e botina adequados; capacete; luvas; óculos de ampla visão; protetor auricular e máscara de fuga, comuns a todas as funções que desempenham atividades na área industrial. Para o cálculo de custos destes materiais, é definido um valor fixo, obtido através das ofertas de mercado do pacote de EPI's e relacionado com o total de recursos, fornecido pelo histograma e inserido na matriz.

Baseado em experiências adquiridas em paradas anteriores, é estimado um valor ponderado para o cálculo de custos gerados por materiais de consumo (discos de corte, protetor facial, eletrodo de tungstênio, bocal de cerâmica, etc.) e por ferramentas menores (esmerilhadeiras, retíficas, furadeiras, talhas manuais, etc.), nesta última para fins de cálculo da taxa é realizada uma ponderação trimestral entre os equipamentos do patrimônio próprio e os locados, sendo os valores das taxas atribuídas a cada um destes parâmetros, na matriz orçamentária, multiplicados ao total de homem-hora definido para realização do evento.

Existe um módulo na matriz dedicado à estimativa de custos básicos envolvidos nos serviços de soldagem. São adotados fatores de utilização de consumíveis como metais de adição e gases de proteção, onde o custo desses insumos é obtido através do produto desses índices, convertidos em valores financeiros por meio de informações de mercado, com o total de recursos de soldadores previsto no histograma. Nesta etapa, é necessária, também, a indicação do percentual de materiais em aço carbono, em aço inoxidável e em aço liga apresentados no escopo do serviço.

São indicados também na matriz de orçamento os custos com as fontes de solda, através da relação de proporcionalidade entre o homem-hora da função soldador e a taxa calculada através de uma ponderação entre as fontes locadas e as pertencentes ao patrimônio próprio, considerando ainda uma taxa de utilização

dessas máquinas por dia. Tochas, alicates porta eletrodo, acessórios em geral são considerados no cálculo dos custos dos materiais de consumo.

São considerados ainda os custos dos parâmetros classificados como gastos gerais com valores dependentes da duração do evento, tais como custos envolvendo materiais de informática (computadores, impressoras, softwares, etc.), qualificação de soldadores e de procedimentos de soldagem, elaboração de procedimentos específicos, contribuição com o pagamento das ART's (Anotação de Responsabilidade Técnica) de serviços e CREA (Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia) dos profissionais responsáveis.

Para serviços de terceiros, como realização de tratamento térmico, serviços de usinagem, calibração de suportes de mola, montagem e operação de elevadores e todos aqueles serviços que não fazem parte da atividade fim da empresa, mas são necessários para execução da parada de manutenção, é destinado um módulo da matriz para composição dos custos com estes serviços baseados na proposta apresentada pela empresa quarterizada. Neste campo, também, é possível inserir verbas de locação de guindastes, caminhões e compressores, custos proporcional ao período do evento de locação de carros de apoio, verbas provisionadas para os consumíveis para realização de ensaios de controle de qualidade, para insumos de pintura e obras civis, entre outros custos previstos com serviços de terceiros.

Para finalizar o processo de formação do preço final, é acrescentado sobre o valor total do custo estimado para realização do evento um percentual para cobertura dos custos administrativo da empresa. Além disso, conforme legislação brasileira, para todo serviço ofertado incidem impostos federais tais como ISS (Imposto Sobre Serviço), COFINS (Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social) e PIS (Programa de Integração Social) sobre o valor total da oferta.

3.2. COMPOSIÇÃO DOS CUSTOS DE SOLDAGEM

A metodologia proposta para este trabalho tem por objetivo a obtenção das parcelas contribuintes no processo de composição dos custos envolvidos numa parada de manutenção de equipamentos estáticos em plantas petroquímicas, a partir do comprimento de solda executado durante estes eventos.

As etapas de construção desta metodologia que serão descritas a seguir, possui como base o estudo proposto por Brito e Paranhos (2005), descritos no item 2.2.2. Para aplicação na estimativa dos custos em eventos de paradas de manutenção foi necessária à adaptação de algumas etapas, de acordo à metodologia descrita no item 3.1.1, que possuem como base de cálculo o parâmetro de homem-hora alocado por escopo premissado.

Como já descrito anteriormente, o fundamento para execução de uma parada de manutenção é a definição do escopo, que direciona a etapa de planejamento determinando todas as atividades que deverão ser executadas num evento como este.

A primeira etapa na construção deste modelo de estimativa de custos é conhecer o escopo e definir todas as atividades relacionadas à soldagem necessárias para execução da parada. Para facilitar a análise, nesta fase, é possível realizar a divisão por sistemas, sejam eles componentes de um equipamento ou tubulações. Para isto, é necessário o agrupamento de juntas que possuem características similares.

A partir das informações extraídas do escopo apresentado, é preciso coletar por sistema os seguintes dados:

- Quantidade de juntas por sistema;
- O diâmetro externo das tubulações sob análise;
- A espessura da tubulação;
- O material do metal base;
- O processo de soldagem a ser aplicado.

Após a coleta destes dados, é possível selecionar a IEIS (Instrução de Execução e Inspeção de Soldagem), documento que reúne os parâmetros necessários para a execução da atividade de soldagem em cada junta, assim como apresentação informações referentes aos ensaios de controle de qualidade exigidos. Este documento contém informações necessárias para a base de cálculo desta metodologia. De acordo aos parâmetros anteriormente coletados, a IEIS apresenta as seguintes informações:

- O metal de adição a ser aplicado;
- O tipo de junta (topo ou ângulo);
- O tipo de chanfro (V, duplo V, U, entre outros);
- A vazão do gás de proteção e/ou de purga (para os processos que necessitem destes consumíveis);
- A tensão do arco;
- A intensidade de corrente;
- A velocidade de soldagem.

A partir do lançamento das informações citadas acima em uma planilha para compilação dos dados, é possível iniciar a memória de cálculos para obtenção das parcelas de custos, modelo descomposto em etapas que serão descritas a seguir.

As primeiras etapas deste método referem-se à determinação das parcelas de custos relacionados aos consumíveis e energia elétrica conforme as diretrizes abordadas no estudo de Brito e Paranhos (2005), descritos no item 2.2.2.

A determinação do valor referente ao tempo de soldagem, também, segue as diretrizes já abordadas anteriormente. A partir da obtenção desta parcela inicia-se a adequação do modelo proposto neste trabalho para a realidade dos eventos de paradas de manutenção, permitindo o cálculo das parcelas conforme serão apresentadas na sequência.

3.2.1. Custo de Mão de Obra

A parcela de custo da mão de obra, seja qual for a metodologia adotada, contribui significativamente com o valor total dos custos relacionados à soldagem.

Segundo Brito e Paranhos (2005) esta parcela pode representar de 75 a 80% do custo total de uma operação de soldagem, por isso quanto maior o nível de precisão na apuração destes custos relacionados aos recursos humanos, maior será a confiabilidade nos resultados desta estimativa.

Cabe ressaltar, que nesta fase foi preciso adequar esta metodologia à realidade de eventos como paradas de manutenção, a fim de alcançar os objetivos almejados de forma fidedigna.

Para obtenção do custo total com a mão de obra necessária para execução dos serviços de soldagem, é necessário resgatar o valor total do Tempo de Soldagem (*TS*), calculado anteriormente, para determinar a quantidade de recursos necessários para realização do escopo definido. Para isso, divide-se o tempo de soldagem pelo total de horas efetivas de trabalho num dia, podendo ser consideradas jornadas de até 3 (três) turnos de trabalho, variando de acordo com o prazo acordado.

A razão entre o Tempo de Soldagem e as horas efetivas de trabalho define o total de horas necessárias para 1 (um) soldador executar todo o escopo definido.

Em parada de manutenção é necessário, sempre, definir um prazo para execução de todos os serviços requeridos. Como a parada de equipamentos representa perda de produção, este prazo deve ser definido com o melhor custo-benefício possível. O planejamento é a etapa responsável por consolidar as atividades requeridas pelo escopo e definir o prazo ideal para cada evento.

Através da relação entre o total de horas necessárias para 1 (um) soldador executar todo o escopo e o prazo definido pelo planejamento, é possível obter o número de soldadores requeridos para execução das tarefas definidas pelo escopo de trabalho.

Com o número de soldadores definido, podemos formar o histograma, distribuindo este recurso no prazo determinado. Nesta etapa, faz-se necessário incluir neste histograma todo o recurso demandado para execução das atividades, tais como soldadores, lixadores, encarregados de solda, inspetores de solda, supervisores e engenheiros.

O total de recurso de cada função de apoio ao soldador é determinado proporcionalmente ao número de soldador estabelecido. Por exemplo, para cada 4 (quatro) soldadores é necessário mobilizar um lixador. Esta proporção irá sofrer variação de acordo ao escopo e a política de mobilização de cada empresa.

Este processo de formação do histograma determina o valor de homem-hora (Hh) para cada função inserida, multiplicando o somatório dos recursos distribuídos pelo total de horas produtivas. A partir destes valores de Hh é possível obter os custos com a mão de obra. Para isso, realiza o somatório do valor de salário, encargos sociais e complementos.

Conforme descrito no item 3.1.1, de acordo ao contrato definido para cada função é determinado um valor para remuneração por hora de trabalho. Para cada função, é necessário determinar o percentual de encargo social que será aplicado sobre o valor da hora do trabalhador. Após considerar o percentual do encargo, o valor da hora de cada função passa a englobar a remuneração e encargos. Com isso, para calcular a parcela do custo referente à folha de pagamento multiplica-se o total de Hh encontrado para cada função pelo seu respectivo valor de remuneração e encargos.

Para complementar a estimativa de custo com mão de obra, deve-se acrescentar ao valor despendido com a folha de pagamentos, a parcela dos custos referente às despesas complementares dos requisitos legais ofertados aos trabalhadores, tais como alimentação, transporte, assistência médica e despesas com EPI's. De acordo aos termos dos contratos de fornecedores de cada um desses requisitos é estabelecido um valor fixo por Hh.

O somatório dos custos de remuneração (salário e encargos sociais) e das despesas complementares representa o custo despendido com a mão de obra.

Todas as atividades desenvolvidas pela empresa numa parada de manutenção necessitam do subsídio de toda uma estrutura administrativa. Para a manutenção desta estrutura gerencial, aplica-se uma taxa, com percentuais variando entre 6 e 10%, sobre o valor encontrado para o custo da mão de obra. Estes

percentuais variam de acordo a extensão da estrutura administrativa de cada empresa.

3.2.2. Despesas com Equipamentos, Ferramentas e Materiais de consumo

Para estabelecer os custos referentes às fontes de soldagem e seus respectivos acessórios, faz-se necessário estimar um valor ponderado entre aquelas que fazem parte do patrimônio da empresa e aquelas que são alugadas. Este valor, expresso por hora, deve contemplar os custos com a depreciação do equipamento e a manutenção dos mesmos durante o período estipulado para execução da parada de manutenção. O valor estabelecido pode variar de acordo às estratégias de gestão do patrimônio da empresa e ao período de realização do evento.

Com o levantamento do número máximo de soldadores mobilizados para a execução das operações de soldagem, apresentados no histograma, e o tempo total de soldagem para realização do escopo, é possível determinar os custos com os equipamentos através do produto destas variáveis com o valor, por hora, estipulado por equipamento.

Baseado nas premissas descritas no item 3.1.1, a parcela de custo relacionada aos materiais de consumo (discos de corte, protetor facial, eletrodo de tungstênio, bocal de cerâmica, etc.) e ferramentas menores (esmerilhadeiras, retíficas, furadeiras, talhas manuais, etc.), é calculada a partir do produto entre o total de homem-hora definido no histograma para realização do escopo definido e um valor ponderado estimado através de estudos relativos à eventos passados. Para fins de cálculo da taxa referente às ferramentas menores, é realizada uma avaliação trimestral entre os equipamentos do patrimônio próprio e os locados.

O valor destas taxas estabelecidas, por Hh, varia de acordo a avaliação da empresa, pois os valores de aquisição e locação dos equipamentos e ferramentas são dependentes dos valores estabelecidos pela empresa com seus respectivos fornecedores.

3.2.3. Despesas Gerais

Nesta etapa da metodologia são inseridas verbas que representam todos os outros custos necessários para a execução da soldagem durante os eventos de parada de manutenção, tais como despesas com:

- Pré-aquecimento;
- Pós-aquecimento;
- Tratamento térmico;
- Ensaio de gamagrafia;
- Ensaio de ultrassom;
- Consumíveis de inspeção;
- Qualificação dos soldadores;
- Qualificação de procedimento de soldagem.

A parcela de contribuição de cada um destes fatores é determinada através dos valores estabelecidos na proposta comercial apresentada pela empresa quarteirizada, baseada no escopo apresentado, seja através do volume de juntas contemplado ou pela demanda pontual, como é o caso dos custos com a qualificação de soldadores e procedimentos de soldagem.

A consolidação desta metodologia resulta em um detalhamento de cada parcela para determinação dos custos relacionados às atividades de soldagem em eventos de paradas para manutenção. Esta estratificação permite a visualização do percentual de contribuição de cada parcela ao custo final, característica importante para facilitar a gestão e controle dos custos.

O capítulo a seguir apresenta um estudo de caso realizado em um evento de parada para manutenção de um equipamento estático, componente de uma indústria petroquímica, com objetivo de verificar aplicabilidade das diretrizes propostas na metodologia em estudo.

4. ESTUDO DE CASO

Para aplicação da metodologia proposta neste trabalho, foi realizado um estudo de caso para a estimativa dos custos relacionados às atividades de soldagem executadas durante uma parada de manutenção em um equipamento estático de produção de vapor, conhecido como caldeira.

O equipamento estático sob estudo, pertence a uma unidade termoelétrica responsável pela produção de vapor de alta, média e baixa pressão, energia elétrica, além de ar de instrumento e ar de serviço para alimentação de uma planta de processamento petroquímico. O vapor de alta é gerado em caldeiras que podem queimar óleo e/ou gás combustível. O vapor de média e baixa pressão são provenientes do decaimento do vapor de alta pressão em turbogeradores de contrapressão.

Na Unidade Termoelétrica existem seis caldeiras do tipo aquatubular, sendo cinco do tipo convencional e uma caldeira de recuperação. As caldeiras de alta pressão produzem vapor com pressão de 120 kgf/cm^2 e temperatura de 530°C . A capacidade nominal de produção dos geradores de vapor é de 400 t/h , enquanto que a caldeira de recuperação pode produzir 100 t/h de vapor.

Parte do vapor de 120 kgf/cm^2 gerado é transferido para a planta petroquímica e o restante é utilizado para a alimentação dos turbogeradores de contrapressão, onde existe uma extração de vapor a 42 kgf/cm^2 e o exausto sai a 15 kgf/cm^2 , ambos os vapores superaquecidos que serão utilizados nos processos interno como também exportados para os clientes externos.

A unidade térmica dispõe de duas válvulas redutoras de pressão de vapor: uma de 120 para 42 kgf/cm^2 , e outra de 42 para 15 kgf/cm^2 .

O processo de geração de vapor inicia-se quando a água de alimentação é encaminhada para um componente, conhecido como tubulão de vapor a partir do coletor de saída do economizador, por meio de tubulação de interligação.

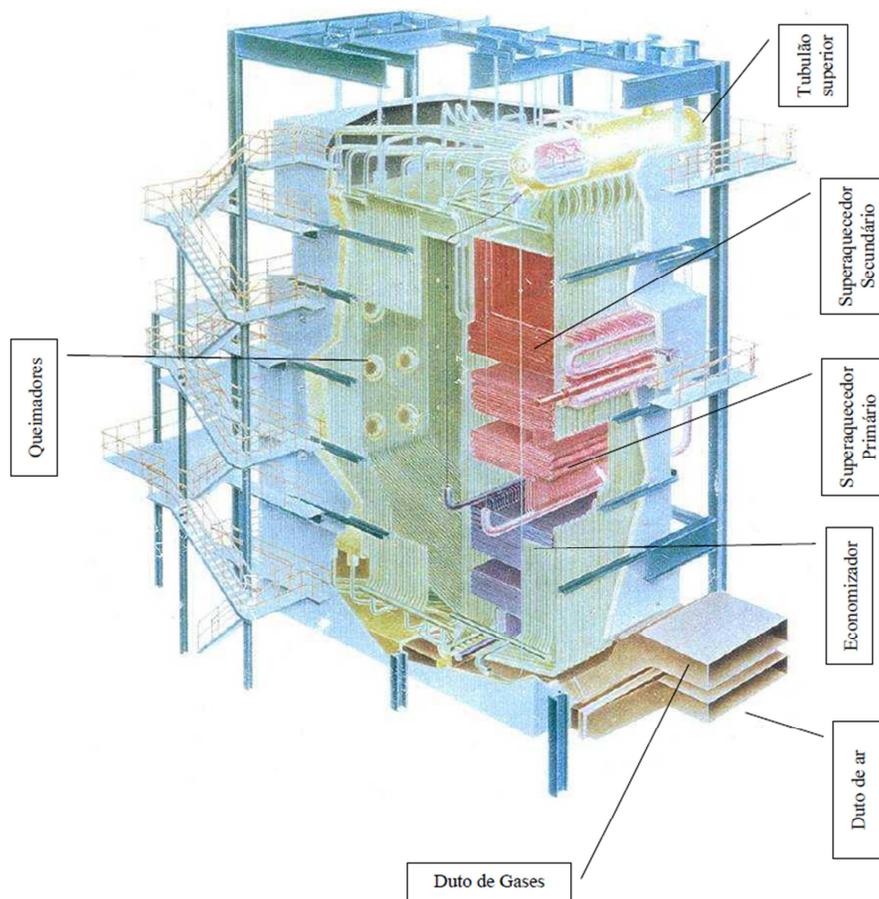
Ao sair do tubulão, a água é encaminhada através das paredes da fornalha conhecidas como parede d'água (zona de radiação) para exposição ao calor,

proveniente do processo de combustão realizado através de queimadores frontais ou laterais, e, em seguida, a mistura de água e vapor resultantes, é dirigido aos coletores de saída, descarregando novamente no tubulão, coexistindo assim as duas fases, líquida e vapor no citado vaso.

O vapor saturado é conduzido do tubulão para o superaquecedor primário, um conjunto de serpentinas tubulares responsável pelo superaquecimento do vapor saturado através do processo de convecção do calor gerado na fornalha. Enquanto atravessa vários estágios do superaquecedor, o vapor é superaquecido à temperatura requerida. A partir do coletor de saída do superaquecedor, o vapor superaquecido será conduzido à turbina através da linha de vapor principal. O vapor superaquecido tem sua temperatura ajustada nos dessuperaquecedores através da injeção de água desmineralizada, sendo estes dispositivos existentes entre os superaquecedores, bem como na linha de vapor principal após as válvulas redutoras.

O vapor gerado nas caldeiras de alta pressão é transferido diretamente para o coletor principal de vapor (header) de alta pressão, 120 kgf/cm^2 , e daí para os turbogeradores e para planta petroquímica. Todas as caldeiras descarregam a produção do vapor nessa tubulação que é em seguida expandido nas turbinas saindo em dois níveis de pressão: vapor a 42 kgf/cm^2 e vapor a 15 kgf/cm^2 . Se os turbogeradores estiverem, fora de operação entram em funcionamento as válvulas redutoras de pressão com capacidade de redução de 120 para 42 kgf/cm^2 e de 42 para 15 kgf/cm^2 . Após a expansão nas turbinas, o vapor é utilizado internamente ou é vendido para os clientes do Complexo Químico. A Figura 5 ilustra os sistemas de uma caldeira.

Figura 5: Ilustração de sistemas de uma Caldeira.



Fonte: IHI Inc.

Nas paradas para manutenção em caldeiras de vapor, todos os sistemas componentes deste equipamento podem sofrer intervenção de acordo ao escopo de serviços determinado pelo setor de confiabilidade da planta. Este escopo varia de acordo aos requisitos determinados por norma regulamentadora e ao histórico de danos do equipamento.

Os serviços de manutenção, deste estudo de caso, foram realizados por uma empresa da área de engenharia industrial, que presta serviço de construção, montagem e manutenção em plantas industriais. A execução de atividades relacionadas às paradas de manutenção em unidades industriais é a atividade fim da empresa em questão.

O estudo de caso foi realizado para levantamento dos custos envolvidos nas atividades de soldagem executadas durante a parada de manutenção em uma caldeira convencional cujo escopo de serviços contemplava as seguintes atividades:

- Abertura do equipamento para inspeção;
- Preparação de superfícies no interno do equipamento para ensaios de END;
- Substituição do banco superaquecedor terciário;
- Substituição de trechos do banco superaquecedor secundário;
- Substituição de trechos da parede d'água;
- Substituição de trechos da parede refrigerada a vapor;
- Substituição de válvula (MS-002E) do header de vapor;
- Substituição de trechos de tubulação de condensado (CI), água desmineralizada (AD) e combustível (PQ);
- Preparação de superfícies nas tubulações do equipamento para ensaios de END;
- Substituição de trecho da chaparia dos dutos de admissão de ar e descarga de gases;

A primeira etapa realizada foi de análise do escopo para avaliação dos serviços que contemplavam atividades de soldagem. A partir dos dados fornecidos nos documentos de recomendação do setor de confiabilidade e da análise de desenhos pertinentes, foi realizada a coleta de informações dos respectivos sistemas para apuração dos custos. A Tabela 7 abaixo consolida as informações extraídas do escopo:

Tabela 7: Informações do escopo de trabalho das atividades de soldagem.

| ITEM | SISTEMA | QUANTIDADE JUNTAS | DIÂMETRO | DIÂMETRO EXTERNO (mm) | ESPESSURA (mm) | MATERIAL | CLASSIFICAÇÃO MATERIAIS | PROCESSO |
|------|--|-------------------|----------|-----------------------|----------------|---------------|-------------------------|----------|
| 1 | BANCO DE CONVECÇÃO TERCIÁRIO | 532 | 2" | 60,3 | 5,6 | SA 213 Gr T22 | AÇO LIGA | GTAW |
| 2 | BANCO DE CONVECÇÃO SECUNDÁRIO | 36 | 1.3/4" | 60,1 | 4,7 | SA 213 Gr T22 | AÇO LIGA | GTAW |
| 3 | PAREDE D'ÁGUA DA FORNALHA | 246 | 2.1/2" | 73 | 5,5 | A 213 Gr A1 | AÇO CARBONO | GTAW |
| 4 | SUPORTAÇÃO DO BANCO DE CONVECÇÃO TERCIÁRIO | 188 | 1.3/4" | 60,1 | 4,7 | SA 213 Gr T11 | AÇO LIGA | GTAW |
| 5 | PAREDE REFRIGERADA A VAPOR | 43 | 2" | 60,3 | 5,54 | A 213 Gr A1 | AÇO CARBONO | GTAW |
| 6.1 | VÁLVULA DO HEADER DE VAPOR (MS-002 E) | 2 | 16" | 406,4 | 10,2 | A 335 Gr P22 | AÇO LIGA | GTAW |
| 6.2 | | 2 | 16" | 406,4 | 40,6 | A 335 Gr P22 | AÇO LIGA | SMAW |
| 7 | LINHA DE CONDENSADO (CI-6053075) | 2 | 12" | 323,9 | 9,5 | A 106 Gr. B | AÇO CARBONO | GTAW |
| 8 | LINHA DE CONDENSADO (CI-6053076) | 2 | 10" | 273,1 | 9,3 | A 106 Gr. B | AÇO CARBONO | GTAW |
| 9 | LINHA DE PQ (PQ-6053030) | 14 | 1/2" | 21,3 | 4,78 | A 106 Gr. B | AÇO CARBONO | GTAW |
| 10 | LINHA DE AD (AD-6053156) | 2 | 4" | 114,3 | 13,5 | A 106 Gr. B | AÇO CARBONO | GTAW |
| 11 | LINHA DE AD (AD-6053157) | 8 | 3" | 88,9 | 11,1 | A 106 Gr. B | AÇO CARBONO | GTAW |

Fonte: Próprio autor.

A partir das informações coletadas foi possível escolher dentro do banco de dados da empresa a IEIS adequada para realização dos serviços em cada sistema. Após a seleção da IEIS, outras informações essenciais para a construção da metodologia foram consolidadas conforme Tabela 8:

Tabela 8: Informações estabelecidas pela IEIS.

| ITEM | SISTEMA | IEIS | EPS | CONSUMÍVEL | JUNTA | CHANFRO | VAZÃO DO GÁS (L/min) | TENSÃO NO ARCO (V) | INTENSIDADE DA CORRENTE (A) | VELOCIDADE DE SOLDAGEM (cm/min) |
|------|--|------|---------|------------|--------|---------|------------------------|--------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| 1 | BANCO DE CONVECÇÃO TERCIÁRIO | 059 | ACB-021 | ER-90S B3 | TOPO | V | 12 (FACE) 8 (PURGA) | 12 | 120 | 6,5 |
| 2 | BANCO DE CONVECÇÃO SECUNDÁRIO | 059 | ACB-021 | ER-90S B3 | TOPO | V | 12 (FACE) 8 (PURGA) | 12 | 120 | 6,5 |
| 3 | PAREDE D'ÁGUA DA FORNALHA | 001 | ACB-001 | ER-70S 3 | TOPO | V | 15 | 13 | 125 | 6,5 |
| 4 | SUPORTAÇÃO DO BANCO DE CONVECÇÃO TERCIÁRIO | 210 | ACB-077 | ER-80S B2 | TOPO | V | 14 | 15 | 130 | 18 |
| 5 | PAREDE REFRIGERADA A VAPOR | 001 | ACB-001 | ER-70S 3 | TOPO | V | 15 | 13 | 125 | 6,5 |
| 6.1 | VÁLVULA DO HEADER DE VAPOR (MS-002 E) | 008 | ACB-008 | ER-90S B3 | TOPO | U | 12 (FACE) 8 (PURGA) | 13,5 | 105 | 4 |
| 6.2 | | 009 | ACB-008 | E-9018 B3 | TOPO | U | - | 24 | 115 | 8 |
| 7 | LINHA DE CONDENSADO (CI-6053075) | 001 | ACB-001 | ER-70S 3 | TOPO | V | 15 | 13 | 125 | 6,5 |
| 8 | LINHA DE CONDENSADO (CI-6053076) | 001 | ACB-001 | ER-70S 3 | TOPO | V | 15 | 13 | 125 | 6,5 |
| 9 | LINHA DE PQ (PQ-6053030) | 157 | ACB-001 | ER-70S 3 | ANGULO | ANGULO | 15 | 13 | 125 | 6,5 |
| 10 | LINHA DE AD (AD-6053156) | 001 | ACB-001 | ER-70S 3 | TOPO | V | 15 | 13 | 125 | 6,5 |
| 11 | LINHA DE AD (AD-6053157) | 001 | ACB-001 | ER-70S 3 | TOPO | V | 15 | 13 | 125 | 6,5 |

Fonte: Próprio autor.

Considerando o escopo definido, foram coletadas também as seguintes informações complementares dispostas na Tabela 9:

Tabela 9: Informações complementares.

| INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES | |
|---|-----|
| <i>QUANTIDADE DE FONTES</i> | 13 |
| <i>QUANTIDADE DE JUNTAS PARA TRATAMENTO TERMICO</i> | 2 |
| <i>QUANTIDADE DE JUNTAS PARA GAMAGRAFIA</i> | 161 |
| <i>QUANTIDADE DE JUNTAS PARA ULTRASSOM</i> | 16 |
| <i>PERCENTUAL DE QUALIFICAÇÃO DE SOLDADORES</i> | 30% |
| <i>QUANTIDADE DE PROCEDIMENTOS À QUALIFICAR</i> | 0 |

Fonte: Próprio autor.

Aplicando-se os conceitos e diretrizes descritos na metodologia, de acordo às informações coletadas, foi possível obter os seguintes valores por sistema estabelecido:

- Área da seção transversal;
- Volume;
- Peso do Metal Depositado (PMD);
- Quantidade de Consumível – Metal de Adição;
- Quantidade de Consumível – Gases de Proteção e Purga;
- Custo dos Consumíveis (CC);
- Número de Passes (NP);
- Tempo de soldagem (TS);
- Custo da Energia Elétrica (CEE);

A Tabela 10 abaixo resume os resultados obtidos com a aplicação dos conceitos discutidos no tópico anterior:

Tabela 10: Resultado parcial da aplicação da metodologia.

| ITEM | SISTEMA | ÁREA SEÇÃO JUNTA (mm ²) | VOLUME SISTEMA (mm ³) | PMD (kg/m) | QC METAL (kg) | QC GÁS (L) | CC (\$) | NP | TS (h/m) | CEE (\$/m) |
|------|--|-------------------------------------|-----------------------------------|------------|---------------|--------------|----------------|-----|----------|------------|
| 1 | BANCO DE CONVECÇÃO TERCIÁRIO | 32,34 | 3.259.718,03 | 25,43 | 2.785,26 | 1.887.508,53 | R\$ 141.166,88 | 101 | 93,97 | R\$ 210,68 |
| 2 | BANCO DE CONVECÇÃO SECUNDÁRIO | 24,39 | 165.808,41 | 1,29 | 9,56 | 9.366,03 | R\$ 530,51 | 7 | 6,34 | R\$ 14,21 |
| 3 | PAREDE D'ÁGUA DA FORNALHA | 31,40 | 1.771.471,25 | 13,82 | 847,32 | 734.503,01 | R\$ 23.132,72 | 56 | 52,60 | R\$ 133,09 |
| 4 | SUPORTAÇÃO DO BANCO DE CONVECÇÃO TERCIÁRIO | 24,39 | 865.888,35 | 6,75 | 260,59 | 97.998,61 | R\$ 8.648,16 | 35 | 11,95 | R\$ 36,29 |
| 5 | PAREDE REFRIGERADA A VAPOR | 31,78 | 258.840,73 | 2,02 | 17,88 | 15.312,61 | R\$ 485,10 | 8 | 7,60 | R\$ 19,22 |
| 6.1 | VÁLVULA DO HEADER DE VAPOR (MS-002 E) | 1359,52 | 3.471.523,70 | 5,42 | 15,03 | 2.466,79 | R\$ 638,40 | 3 | 3,87 | R\$ 8,54 |
| 6.2 | | | | 21,66 | 85,10 | - | R\$ 1.118,63 | 52 | 54,16 | R\$ 279,27 |
| 7 | LINHA DE CONDENSADO (CI-6053075) | 81,16 | 165.175,00 | 1,29 | 2,85 | 955,78 | R\$ 53,59 | 2 | 1,90 | R\$ 4,80 |
| 8 | LINHA DE CONDENSADO (CI-6053076) | 78,09 | 133.999,06 | 1,05 | 1,95 | 679,49 | R\$ 37,07 | 2 | 1,60 | R\$ 4,05 |
| 9 | LINHA DE PQ (PQ-6053030) | 5,98 | 5.597,52 | 0,04 | 0,04 | 202,53 | R\$ 3,84 | 1 | 0,87 | R\$ 2,21 |
| 10 | LINHA DE AD (AD-6053156) | 155,48 | 111.660,05 | 0,87 | 0,68 | 119,02 | R\$ 11,04 | 1 | 0,67 | R\$ 1,69 |
| 11 | LINHA DE AD (AD-6053157) | 107,94 | 241.175,66 | 1,88 | 4,57 | 1.152,02 | R\$ 79,82 | 2 | 2,08 | R\$ 5,27 |

Fonte: Próprio autor.

No método atualmente adotado na empresa sob estudo, a partir da avaliação do escopo, a etapa seguinte é caracterizada por gerar o histograma de recursos baseado em experiências anteriores de execução das atividades contempladas no escopo de trabalho, para a formação do total de homem-hora necessário para execução dos serviços. Como descrito anteriormente, este parâmetro de Hh é a base da formação de preço e controle de custos do modelo adotado. Esta metodologia depende fortemente da interpretação assertiva do histórico acumulado de eventos passados, bem como da carga de experiência do planejamento e supervisão. A quantidade de consumíveis e os custos relacionados são estimados através da proporção de Hh determinado. Através das etapas descritas na construção da metodologia proposta é possível verificar a diferença entre os métodos para determinação do parâmetro de Hh.

A etapa seguinte da metodologia proposta caracteriza-se pelo levantamento dos custos relacionados à mão de obra. Para isto, foi necessário utilizar o valor total do Tempo de Soldagem (*TS*), estimado anteriormente. A razão entre o tempo de soldagem e o total de horas efetivas de trabalho num dia, sendo este valor de 12 horas por se tratar de um serviço realizado em dois turnos de trabalho, determinou-se o total de horas necessárias para 1 (um) soldador executar todo o escopo definido.

O prazo determinado para a execução de todos os serviços na parada de manutenção da caldeira, após detalhamento das atividades pelo planejamento, foi de 45 dias. Através da relação entre o total de horas necessárias para 1 (um) soldador executar todo o escopo e o prazo, foi possível obter o número de soldadores requeridos para execução das tarefas definidas pelo escopo de trabalho, resultando em 25 soldadores, distribuídos no histograma representado pela Figura 4.

Figura 6: Histograma de recursos para execução dos serviços.

| FUNÇÃO | SEMANAS | PARADA DE MANUTENÇÃO | | | | | | | | | TOTAL | TOTAL Hh |
|-----------------------------------|---------|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------------|------------------|
| | | semana 1 | semana 2 | semana 3 | semana 4 | semana 5 | semana 6 | semana 7 | semana 8 | semana 9 | | |
| MÃO-DE-OBRA DIRETA DIA | | | | | | | | | | | | |
| MOD DIA | | | | | | | | | | | | |
| Lixador | | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 180,00 | 1.650,60 |
| Soldador | | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 585,00 | 5.364,45 |
| Encarregado de Solda | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 45,00 | 412,65 |
| SUBTOTAL MOD DIA | | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 844,00 | 7.739,48 |
| MÃO-DE-OBRA DIRETA NOITE | | | | | | | | | | | | |
| MOD DIA | | | | | | | | | | | | |
| Lixador | | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 180,00 | 1.650,60 |
| Soldador | | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 540,00 | 4.951,80 |
| Encarregado de Solda | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 45,00 | 412,65 |
| SUBTOTAL MOD NOITE | | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 765,00 | 7.015,05 |
| MÃO-DE-OBRA INDIRETA DIA | | | | | | | | | | | | |
| MOI DIA | | | | | | | | | | | | |
| Engenheiro de Produção | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 45,00 | 412,65 |
| Supervisor de Produção - Solda | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 45,00 | 412,65 |
| Inspetor de Solda N1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 45,00 | 412,65 |
| Inspetor de LP/EVS | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 45,00 | 412,65 |
| SUBTOTAL MOI DIA | | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 180,00 | 1.650,60 |
| MÃO-DE-OBRA INDIRETA NOITE | | | | | | | | | | | | |
| MOI DIA | | | | | | | | | | | | |
| Engenheiro de Produção | | | | | | | | | | | 0,00 | 0,00 |
| Supervisor de Produção - Solda | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 45,00 | 412,65 |
| Inspetor de Solda N1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 45,00 | 412,65 |
| Inspetor de LP/EVS | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 45,00 | 412,65 |
| SUBTOTAL MOI NOITE | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 135,00 | 1.237,95 |
| TOTAL GERAL | | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | Total Geral de Hh | 17.643,08 |

Fonte: Próprio autor.

Nesta etapa, foi necessário incluir no histograma todos os recursos relacionados às atividades de soldagem, tais como soldadores, lixadores, encarregados de solda, inspetores de solda, supervisores e engenheiros. O quantitativo deste recurso de apoio varia de acordo com o número determinado de soldadores, respeitando a proporção de acordo à política de mobilização da empresa.

De posse do valor homem-hora (Hh) para cada função inserida no histograma, foi possível determinar os custos com a mão de obra. Para isso, realiza o somatório dos valores de salário, contribuição dos encargos sociais e contribuição das despesas complementares.

Para cada função foi determinado um valor para remuneração por hora de trabalho, conforme convecção coletiva estabelecida para a empresa. De acordo a

função, foi necessário aplicar o percentual de encargo social e adicional de periculosidade equivalente, resultados demonstrados na tabela abaixo:

Tabela 11: Valores unitários de remuneração e encargos sociais.

| | SALÁRIO (R\$/h) | ENCARGOS SOCIAIS | ADICIONAL | SALÁRIO+ENCARGOS (R\$/h) |
|-----------------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------|-------------------------------------|
| <i>ENCARREGADO DE SOLDA</i> | 22,58 | 106,00% | | 53,29 |
| <i>LIXADOR</i> | 9,99 | 106,00% | | 23,57 |
| <i>SOLDADOR</i> | 17,75 | 106,00% | | 41,89 |
| <i>INSPETOR DE SOLDA N1</i> | 35,45 | 100% | 30% | 81,54 |
| <i>INSPETOR LP/EVS</i> | 24,47 | 100% | | 56,29 |
| <i>SUPERVISOR DE SOLDA</i> | 40,92 | 60% | | 77,74 |
| <i>ENGENHEIRO DE PRODUÇÃO</i> | 52,02 | 60% | | 98,84 |

Fonte: Próprio autor.

Para o cálculo da parcela do custo referente à folha de pagamento foi necessário multiplicar o total de Hh definido no histograma para cada função pelo seu respectivo valor de remuneração e encargos, conforme resume a Tabela 12.

Tabela 12: Valores de salários e encargos sociais.

| FUNÇÃO | TOTAL DE Hh | SÁLARIO+ENCARGOS APLICADO AO Hh |
|-------------------------------|--------------------|--|
| <i>ENCARREGADO DE SOLDA</i> | 825,30 | R\$ 43.977,35 |
| <i>LIXADOR</i> | 3.301,20 | R\$ 77.812,59 |
| <i>SOLDADOR</i> | 10.316,25 | R\$ 432.106,45 |
| <i>INSPETOR DE SOLDA N1</i> | 825,30 | R\$ 67.297,44 |
| <i>INSPETOR LP/EVS</i> | 825,30 | R\$ 46.452,84 |
| <i>SUPERVISOR DE SOLDA</i> | 825,30 | R\$ 64.160,47 |
| <i>ENGENHEIRO DE PRODUÇÃO</i> | 412,65 | R\$ 40.785,50 |

Fonte: Próprio autor.

Para determinar o valor total do custo com mão de obra, foi necessário realizar o somatório entre o valor despendido com a folha de pagamentos (salários e encargos sociais) e a parcela dos custos referente às despesas complementares dos requisitos legais ofertados aos trabalhadores, tais como custos referentes à alimentação, ao transporte, à assistência médica e às despesas com EPI's. Foi estabelecido um valor fixo por hora, em conformidade aos valores praticados nos contratos dos fornecedores de cada um desses requisitos. A Tabela 13 abaixo apresenta os valores unitários por função.

Tabela 13: Valores unitários de parcelas referentes à alimentação, assistência médica, exames médicos, transportes e EPI's.

| FUNÇÃO | ALIMENTAÇÃO (R\$/h) | ASSISTÊNCIA MÉDICA (R\$/h) | EXAMES MÉDICOS (R\$/h) | TRANSPORTE (R\$/h) | EPI (R\$/h) |
|------------------------|--------------------------------|---|---------------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| ENCARREGADO DE SOLDA | 1,96 | 1,7 | 1,04 | 4,52 | 1,76 |
| LIXADOR | 1,96 | 1,7 | 1,04 | 4,52 | 1,76 |
| SOLDADOR | 1,96 | 1,7 | 1,04 | 4,52 | 1,76 |
| INSPETOR DE SOLDA N1 | 1,96 | 2,9 | 1,08 | 4,52 | 1,76 |
| INSPETOR LP/EVS | 1,96 | 2,9 | 1,08 | 4,52 | 1,76 |
| SUPERVISOR DE SOLDA | 1,96 | 2,9 | 1,08 | 7,66 | 1,76 |
| ENGENHEIRO DE PRODUÇÃO | 1,96 | 2,9 | 1,08 | 7,66 | 1,76 |

Fonte: Próprio autor.

A Tabela 14 apresenta os valores obtidos por despesa complementar proporcional ao total de Hh de cada função definida no histograma.

Tabela 14: Valores referentes às despesas complementares.

| FUNÇÃO | RESUMO HH | ALIMENTAÇÃO | ASSIST MEDICA | EXAMES MEDICOS | TRANSPORTE | EPI |
|------------------------|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------------------|---------------|
| ENCARREGADO DE SOLDA | 825,30 | R\$ 1.617,59 | R\$ 1.403,01 | R\$ 858,31 | R\$ 3.730,36 | R\$ 1.452,53 |
| LIXADOR | 3301,20 | R\$ 6.470,35 | R\$ 5.612,04 | R\$ 3.433,25 | R\$ 5.810,11 | R\$ 5.810,11 |
| SOLDADOR | 10316,25 | R\$ 20.219,85 | R\$ 17.537,63 | R\$ 10.728,90 | R\$ 46.629,45 | R\$ 18.156,60 |
| INSPETOR DE SOLDA N1 | 825,30 | R\$ 1.617,59 | R\$ 2.393,37 | R\$ 891,32 | R\$ 3.730,36 | R\$ 1.452,53 |
| INSPETOR LP/EVS | 825,30 | R\$ 1.617,59 | R\$ 2.393,37 | R\$ 891,32 | R\$ 3.730,36 | R\$ 1.452,53 |
| SUPERVISOR DE SOLDA | 825,30 | R\$ 1.617,59 | R\$ 2.393,37 | R\$ 891,32 | R\$ 6.321,80 | R\$ 1.452,53 |
| ENGENHEIRO DE PRODUÇÃO | 412,65 | R\$ 808,79 | R\$ 1.196,69 | R\$ 445,66 | R\$ 3.160,90 | R\$ 726,26 |

Fonte: Próprio autor.

O somatório dos custos de remuneração (salário e encargos sociais) e das despesas complementares representa o custo despendido com a mão de obra relacionada às atividades de soldagem. Totalizando neste evento o valor de R\$ 961.247,96.

Para representar o custo total de mão de obra, foi aplicado sobre este valor o percentual de 9%, que representa a parcela de gerenciamento, resultando no valor total de R\$ 1.047.760,27.

Para determinar os custos referentes às fontes de soldagem e seus respectivos acessórios, foi preciso definir o valor ponderado entre as fontes do patrimônio da empresa e aquelas que são alugadas. Para este estudo de caso, o valor definido foi de R\$ 0,30 por hora, considerando o patrimônio da empresa no período de realização da parada de manutenção da caldeira. Multiplicando este valor pelo número de soldadores no pico de mobilização do evento, apresentado no

histograma, e o tempo total de soldagem para realização do escopo, foi estabelecido o valor da parcela do custo referente a estes equipamentos, totalizando R\$ 51.198,52.

Para o cálculo da parcela de custo relacionada aos materiais de consumo foi definido o valor de R\$ 0,71 por hora. Multiplicando este valor ao total de Hh definido no histograma, obteve-se o valor de R\$ 12.305,22. Da mesma forma, foi definido o valor de R\$ 1,43 representando a parcela de ferramentas menores. O produto deste valor com o total de Hh referente às funções de soldador e lixador, as quais efetivamente utilizam estas ferramentas, resultou no valor de R\$ 19.472,95.

Para representação dos custos referentes às despesas gerais foram estabelecidos os valores de contrato para execução das atividades de tratamento térmico, ensaios de gamagrafia, ensaios de ultrassom, qualificação dos soldadores, qualificação de procedimento de soldagem e valores absolutos referentes aos consumíveis de inspeção. De acordo às informações descritas na Tabela 9, foram encontrados os seguintes valores:

Tabela 15: Parcelas das despesas gerais.

| <i>DESPESA</i> | <i>VERBAS</i> |
|--------------------------------------|----------------------|
| <i>TRATAMENTO TÉRMICO</i> | R\$ 935,00 |
| <i>ENSAIOS DE GAMARAFIA</i> | R\$ 56.455,00 |
| <i>ENSAIOS DE ULTRASSOM</i> | R\$ 1.846,15 |
| <i>CONSUMÍVEIS DE INSPEÇÃO</i> | R\$ 5.801,60 |
| <i>QUALIFICAÇÃO DE SOLDADORES</i> | R\$ 975,00 |
| <i>QUALIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTOS</i> | R\$ - |
| <i>TOTAL</i> | R\$ 66.012,75 |

Fonte: Próprio autor.

Cada valor estabelecido por parcela apresentada na tabela acima, varia de acordo aos valores estabelecidos por contrato, por exemplo, a forma de contratação para execução da gamagrafia é através do valor por diária, sendo executadas em média 8 (oito) juntas por diária contratada. Com isso, o resultado da razão entre o total de juntas e a quantidade por diária, define o total de diárias necessárias para executar o escopo, obtendo o custo desta parcela, multiplicando este resultado pelo valor da diária.

Nestas últimas etapas de construção da metodologia, para estimativa das parcelas dos custos referentes à mão de obra, equipamentos, ferramentas menores, materiais de consumo e despesas gerais, é possível perceber uma similaridade com o modelo já adotado pela empresa sob estudo. Entretanto, nesta metodologia proposta a obtenção dos recursos para construção do Hh, está diretamente relacionado ao volume de solda executado para o escopo estabelecido, diferentemente do método adotado no qual a definição do histograma fundamenta-se em histórico de eventos anteriores.

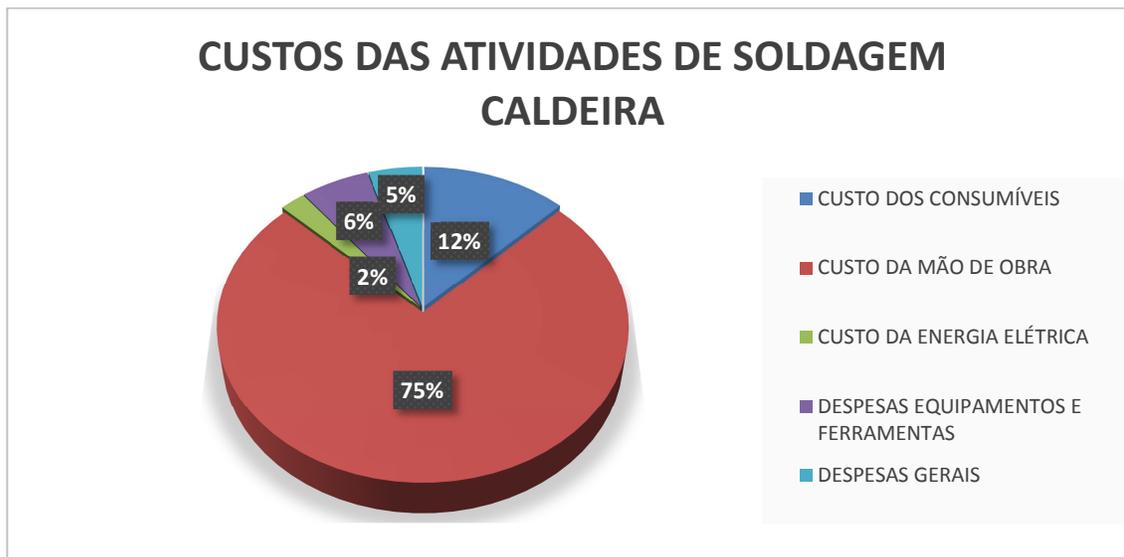
Consolidando o processo descrito na metodologia é possível obter um resumo das parcelas que contribuíram para formação do custo total da soldagem estimado para execução do escopo estabelecido, conforme apresentados na Tabela 16 e Figura 5:

Tabela 16: Resumo das parcelas do custo total de soldagem.

| <i>PARCELA DO CUSTO</i> | <i>VALOR</i> |
|---|-------------------------|
| <i>CUSTO DOS CONSUMÍVEIS</i> | R\$ 175.905,75 |
| <i>CUSTO DA MÃO DE OBRA</i> | R\$ 1.047.760,27 |
| <i>CUSTO DA ENERGIA ELÉTRICA</i> | R\$ 31.049,49 |
| <i>DESPESAS EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS</i> | R\$ 82.976,69 |
| <i>DESPESAS GERAIS</i> | R\$ 66.012,75 |
| <i>CUSTO TOTAL DA SOLDAGEM (R\$)</i> | R\$ 1.403.704,96 |
| <i>CUSTO TOTAL DA SOLDAGEM (R\$/m)</i> | R\$ 6.444,01 |

Fonte: Próprio autor.

Figura 7: Gráfico da contribuição das parcelas no custo total.



Fonte: Próprio autor.

Nesta etapa da aplicação da metodologia, é possível a visualização de forma estratificada a contribuição de cada parcela ao custo final relacionado às atividades de soldagem desenvolvidas durante a parada de manutenção de uma caldeira, bem como verificar o valor despendido para execução de um metro de cordão de solda neste evento, representado por R\$ 6.444,01.

Este resultado ratifica a afirmação dos autores Brito e Paranhos (2005), os quais indicam que a parcela de custo com a mão de obra pode representar de 75 a 80% do custo total de uma operação de soldagem.

Para tornar a oferta de serviços ainda mais competitiva, através deste detalhamento do custo é possível identificar oportunidades de redução nos valores das parcelas que mais contribuem para o custo final. Por exemplo, a implantação de um processo de soldagem mais eficiente pode reduzir o tempo de soldagem e, conseqüentemente, reduzir a quantidade de soldadores necessários para execução do escopo proposto. Tal ação pode resultar numa redução no valor da parcela de despesas com a mão de obra.

Um exemplo prático apresenta a adoção do processo de soldagem GMAW, em substituição ao processo SMAW, para execução do serviço de substituição da

válvula do header de vapor descrito pelo sistema 6.2, houve um aumento na parcela de custo com consumíveis devido à contribuição do gás de proteção. Entretanto foi possível obter uma redução no valor de tempo de soldagem e, por consequência, reduzir a quantidade de soldadores, reduzindo para 24 soldadores por todo o período, resultando na diminuição do custo com a mão de obra, reduzindo assim o valor do custo total e por metro de solda executado. Resultando na Tabela 17 a seguir:

Tabela 17: Resumo das parcelas do custo total de soldagem, com alteração de processo de soldagem.

| <i>PARCELA DO CUSTO</i> | <i>VALOR</i> |
|---|-------------------------|
| <i>CUSTO DOS CONSUMÍVEIS</i> | R\$ 179.926,90 |
| <i>CUSTO DA MÃO DE OBRA</i> | R\$ 1.023.981,75 |
| <i>CUSTO DA ENERGIA ELÉTRICA</i> | R\$ 30.481,71 |
| <i>DESPESAS EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS</i> | R\$ 77.813,01 |
| <i>DESPESAS GERAIS</i> | R\$ 65.973,75 |
| <i>CUSTO TOTAL DA SOLDAGEM (R\$)</i> | R\$ 1.378.177,13 |
| <i>CUSTO TOTAL DA SOLDAGEM (R\$/m)</i> | R\$ 6.326,82 |

Fonte: Próprio autor.

Uma simples alteração no processo de soldagem de apenas um do sistema apresentados, significou uma redução de R\$ 25.527,82 no valor do custo final. Este exemplo demonstra o elevado potencial de aproveitamento desta metodologia para a gestão dos custos relacionados à soldagem. O Apêndice II apresenta o resumo desta aplicação.

5. CONCLUSÕES

Realizada a análise da aplicação da metodologia proposta para este trabalho em um evento de parada de manutenção de um equipamento estático, foi possível verificar o aprimoramento na estimativa de custos relacionados às atividades de soldagem, pois o método aplicado determina o recurso de soldador necessário para a execução do escopo definido baseado no comprimento de solda depositado e não apenas por experiência do planejamento e supervisão para elaboração do histograma, conforme modelo vigente na empresa.

Outra vantagem desta metodologia é a determinação dos custos relacionados aos consumíveis, com método diretamente relacionado ao volume de material depositado, diferentemente do modelo empregado atualmente pela empresa, já que este adota taxas para aplicação baseados em percentuais estimados.

Este novo modelo proposto permite, ainda, a estratificação das parcelas contribuintes para o custo total, tornando possível assim uma melhor visualização de oportunidades de melhorias e conseqüente redução de custos para a execução do escopo de soldagem, corroborando com o objetivo proposto para este trabalho. Como exemplo disso, a metodologia permite realizar uma alteração no tipo de processo de soldagem demonstrando a influência deste tipo de alteração nos valores de cada parcela do custo. Este processo serve de fundamento para um controle eficiente dos custos durante o evento.

A aplicação desta metodologia não demanda um conhecimento aprofundado em operações de soldagem, é necessário, apenas, o entendimento correto dos conceitos abordados, bem como o conhecimento suficiente para entender o escopo e extrair as informações necessárias para a construção da metodologia.

O método proposto permite inserir um módulo, durante a realização da parada de manutenção, para estimativa e acompanhamento dos custos relacionados às operações de soldagem em serviços extras, ou seja, serviços que não estavam contemplados no escopo original.

Para serviços classificados como reparo, com pequenos volumes de deposição, a aplicação desta metodologia não apresenta resultados eficazes, devido à dificuldade em obter algumas informações necessárias ao modelo, a exemplo de reparos para ajustes de superfícies desgastadas realizados em chaparias de equipamentos como caldeiras e fornos de pirólise.

6. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

A análise dos custos de soldagem em eventos de paradas de manutenção não se encerra nas considerações apresentadas neste trabalho. Uma abordagem ainda mais precisa para estimativa dos custos das atividades de soldagem que amplie a abrangência para avaliação de qualquer serviço contemplado numa parada de manutenção em unidades industriais, tais como soldagem de estruturas metálicas e serviços de reparo, pode ser de grande interesse para o mercado atual, pois resultados ainda mais eficientes conferem confiabilidade ao processo de gerenciamento de qualquer empresa.

REFERÊNCIAS

ALBERNAZ, C.; CARVALHO, R.; LEMOS, M. Qualidade na Manutenção. In: XXXI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2011, Belo Horizonte. **Anais eletrônicos**. Belo Horizonte: ABEPRO, 2011. Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011> > Acesso em: 08 jul. 2014.

BEZERRA, F. **Ciclo PDCA – Conceito e aplicação (Guia geral)**. Portal Administração, 2014. Disponível em: <<http://www.portal-administracao.com/2014/08/ciclo-pdca-conceito-e-aplicacao.html>>. Acesso em: 14 set. 2014.

BRACARENSE, A.; MARQUES, P.; MODENESI, P. **Soldagem: fundamentos e tecnologia**. 3ª edição – Belo Horizonte: Editora UFMG, 2009. 362p.

BRANCO, R. **Soldagem de Manutenção**. Manutenção & Suprimento, 2010. Disponível em: <<http://www.manutencaoesuprimentos.com.br/conteudo/2447-soldagem-de-manutencao/>>. Acesso em: 06 jul. 2014.

BRANCO FILHO, G. **A Organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008. 280p.

BRITO, J. D.; PARANHOS, R. **Como Determinar os Custos da Soldagem**. Campos dos Goytacazes – RJ: Ronaldo Paranhos, 2005. 74p.

CERIOLI, D.; CUNHA, C.; STREHER, T. **Importância do Controle de Custos nas Empresas**. Artigonal, 2009. Disponível em: <<http://www.artigonal.com/financas-artigos/importancia-do-controle-de-custos-nas-empresas-1267179.html>>. Acesso em: 10 jan. 2015.

CIRQUEIRA, L.Z. Gestão de projetos aplicados a paradas de Manutenção Industrial. **Revista Especialize On-Line IPOG**, Goiânia, v. 01, n. 005, jul. 2013. Disponível em: <<http://www.ipog.edu.br/revista-ipog/download/gestao-de-projetos-aplicados-a-paradas-de-manutencao-industrial+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>>. Acesso em: 08 ago. 2014.

DUTRA, R. G. **Custos: uma abordagem prática**. 5ª. Ed. – São Paulo: Atlas, 2003.

FARIA, C. **Histograma**. Infoescola, 2014. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/estatistica/histograma/>> Acesso em: 18 dez. 2014.

QUITES, A. **Soldagem de Manutenção**. Soldasoft, 2001. Disponível em: <http://www.soldasoft.com.br/portal/generalidades/Soldagem_de_Manutencao.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2014.

MARQUES, F. S. **Soldagem: Estimativa de Custos em Soldagem**, 2009. Disponível em: <<file:///C:/Users/Downloads/Custos%20de%20Soldagem%20-%20Projeto.pdf>> Acesso em: 10 jan. 2015.

MILLER, D. K. **Determining the Cost of Welding.** Welding Design & Fabrication, Inglês (Estados Unidos), 2004. Disponível em: < http://weldingdesign.com/processes/news/wdf_10760> Acesso em: 06 jul. 2014.

STONNER, R. **O Planejamento de uma Parada de Manutenção.** BlogTek, 2013. Disponível em: <<http://blogtek.com.br/o-planejamento-de-uma-parada-de-manutencao-parte-1/>>. Acesso em: 10 ago. 2014.

SOLDAGEM de manutenção I. **Aula 7 – TELECURSO.** Disponível em: <<http://www.essel.com.br/cursos/material/01/Manutencao/07manu.pdf>>. Acesso em: 06 jul. 2014.

APÊNDICE I

| MÃO DE OBRA DIRETA - MOD | | |
|-----------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| MOD | INSPEÇÃO (TERCEIROS) | MOVIMENTAÇÃO DE CARGAS |
| AJUDANTE DE PRODUÇÃO | INSPETOR DE SOLDA N2 | SUPERVISOR MOV. CARGA SENIOR |
| CALDEIREIRO | INSPETOR DE SOLDA N1 | SUPERVISOR MOV. CARGA PLENO |
| ELETRICISTA MONTADOR | INSPETOR DE US | ENCARREGADO MOV. CARGA |
| ENCANADOR INDUSTRIAL | INSPETOR DE LP/PM | OPERADOR GUINDASTE ATÉ 100T |
| ENCARREGADO DE CALDEIRARIA | INSPETOR DE DIMENSIONAL | OPERADOR GUINDASTE ATÉ 350T |
| ENCARREGADO DE ESTRUTURA METÁLICA | INSPETOR DE ELÉTRICA | OPERADOR GRUA |
| ENCARREGADO DE SOLDA | INSPETOR DE INSTRUMENTAÇÃO | MOTORISTA VEÍCULOS PESADOS |
| ENCARREGADO DE TUBULAÇÃO | INSPETOR DE EQUIPAMENTOS | MOTORISTA CAMINHÃO MUNCK |
| GRAFITEIRO | INSPETOR DE TUBULAÇÃO | MOTORISTA CARRETA |
| LIXADOR | INSPETOR DE PINTURA | MECÂNICO EQUIPAMENTOS |
| MAÇARIQUEIRO | INSPETOR DE CIVIL | LUBRIFICADOR |
| MECÂNICO MONTADOR | ALMOXARIFADO | APROPRIADOR |
| MONTADOR DE ESTRUTURAS | ALMOXARIFE | |
| OPERADOR DE PLASMA | FERRAMENTEIRO | |
| SOLDADOR ARCO SUBMERSO | AJUDANTE | |
| SOLDADOR MIG/MAG | INSPEÇÃO | |
| SOLDADOR AÇO LIGA / TIG / ER | INSPETOR DE SOLDA N1 | |
| SOLDADOR AÇO LIGA / ALUMÍNIO | INSPETOR DE EQUIPAMENTOS | |
| SOLDADOR DE CHAPARIA | INSPETOR DE LP/EVS | |
| SOLDADOR RX | SSMA | |
| SOLDADOR RX + TIG | TÉCNICO DE SEGURANÇA SÊNIOR | |
| SOLDADOR TIG | TÉCNICO DE SEGURANÇA | |

| | | |
|--------------------------------------|------------------------------------|--|
| AJUDANTE DE PRODUÇÃO | AJUDANTE | |
| ENCARREGADO DE ANDAIME | PRODUÇÃO | |
| ENCARREGADO DE PINTURA | SUPERVISOR DE PRODUÇÃO SÊNIOR | |
| ISOLADOR | SUPERVISOR DE PRODUÇÃO PLENO | |
| JATISTA | ASSISTENTE TÉCNICO PRODUÇÃO SÊNIOR | |
| MONTADOR DE ANDAIME | ASSISTENTE TÉCNICO PRODUÇÃO PLENO | |
| PINTOR | AUXILIAR TÉCNICO DE PRODUÇÃO | |
| PINTOR LETRISTA | TÉCNICO PLANEJAMENTO MATERIAIS | |
| ELETRICISTA DE ALTA TENSÃO (F/C) | AUXILIAR TÉCNICO DE MATERIAIS | |
| ELETRICISTA INDUSTRIAL DE MANUTENÇÃO | AUXILIAR DE MATERIAIS | |
| ENCARREGADO DE ELÉTRICA | APROPRIADOR | |
| ENCARREGADO DE INSTRUMENTAÇÃO | SUPERVISOR TOPOGRAFIA | |
| INSTRUMENTISTA CERTIFICADO | TOPÓGRAFO | |
| INSTRUMENTISTA DE SISTEMA | NIVELADOR | |
| INSTRUMENTISTA MONTADOR | AUXILIAR TOPOGRAFIA | |
| INSTRUMENTISTA TUBISTA | | |

Fonte: Próprio autor.

| GERENCIAMENTO | | |
|-----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| GERÊNCIA DO SITE | ALMOXARIFADO | INSPEÇÃO |
| DIRETOR DE CONTRATO | COORDENADOR ALMOXARIFADO | GERENTE DE GARANTIA DE QUALIDADE |
| GERENTE SITE CAMAÇARI | SUPERVISOR DE ALMOXARIFADO | SUPERVISOR INSPEÇÃO |
| GERENTE DE EMPREENDIMENTOS | ENCARREGADO DE ALMOXARIFADO | SUPERVISOR DE DOCUMENTAÇÃO |
| SECRETÁRIA | ALMOXARIFE | SUPERVISOR DE PINTURA |
| SUPRIMENTOS | AUXILIAR DE MATERIAIS | ENGENHEIRO TRAINEE |
| GERENTE DE SUPRIMENTOS | FERRAMENTEIRO | TÉCNICO DE SOLDA N2 |
| COORD. INSPEÇÃO E DILIGENCIAMENTO | AJUDANTE | TÉCNICO DE DOCUMENTAÇÃO |
| COORDENADOR DE SUPRIMENTOS | COMPRADOR | ARQUIVISTA |
| TÉCNICO DE SUPRIMENTO | MOTORISTA DE VEÍCULOS PESADOS | ASSISTENTE ADMINISTRATIVO |
| COMPRADOR | MOTORISTA DE VEÍCULOS LEVES | AUXILIAR ADMINISTRATIVO |
| ASSISTENTE DE SUPRIMENTOS | ASSISTENTE ADMINISTRATIVO | SSMA |
| AUXILIAR ADMINISTRATIVO | AUXILIAR ADMINISTRATIVO | GERENTE SSMA |
| ENGENHEIRO TRAINEE | SERVIÇOS GERAIS | TÉCNICO MEIO AMBIENTE |
| ARQUIVISTA | SUPERVISOR SERVIÇOS GERAIS | MÉDICO TRABALHO |
| ADMINISTRAÇÃO CONTRATUAL | ENCARREGADO SERVIÇOS GERAIS | TÉCNICO ENFERMAGEM |
| GERENTE ADMINISTRAÇÃO CONTRATUAL | VIGIA | ENGENHEIRO TRAINEE |
| COORDENADOR ORÇAMENTOS | ZELADOR | ARQUIVISTA |
| TÉCNICO CONTROLE E MEDIÇÃO | AJUDANTE | ASSISTENTE ADMINISTRATIVO |
| TÉCNICO CONTRATAÇÕES | MOTORISTA DE VEÍCULOS PESADOS | AUXILIAR ADMINISTRATIVO |
| ASSISTENTE CONTROLE E MEDIÇÃO | MOTORISTA DE VEÍCULOS LEVES | PLANEJAMENTO |
| ENGENHEIRO TRAINEE | ASSISTENTE ADMINISTRATIVO | GERENTE DE PLANEJAMENTO |
| ARQUIVISTA | AUXILIAR ADMINISTRATIVO | COORDENADOR PLANEJAMENTO SÊNIOR |
| ASSISTENTE ADMINISTRATIVO | INFORMÁTICA | COORDENADOR PLANEJAMENTO PLENO |
| AUXILIAR ADMINISTRATIVO | COORDENADOR INFORMÁTICA | COORDENADOR PLANEJAMENTO JÚNIOR |
| ADMINISTRAÇÃO | TÉCNICO DE INFORMÁTICA | TÉCNICO PLANEJAMENTO SÊNIOR |
| GERENTE ADMINISTRATIVO-FINANCEIRO | MATERIAIS CLIENTE | TÉCNICO PLANEJAMENTO PLENO |

| | | |
|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | | |
| COORDENADOR ADMINISTRATIVO | COORDENADOR DE MATERIAIS CLIENTE | TÉCNICO PLANEJAMENTO JÚNIOR |
| SECRETÁRIA | TÉCNICO CONTROLE MATERIAIS | AUXILIAR TÉCNICO DE PLANEJAMENTO |
| COMUNICAÇÃO SOCIAL | TÉCNICO MATERIAIS CLIENTE | TÉCNICO PLANEJAMENTO MATERIAIS |
| ASSISTENTE SOCIAL | COMPRADOR | AUXILIAR TÉCNICO DE MATERIAIS |
| ASSISTENTE ADMINISTRATIVO | AUXILIAR TÉCNICO DE MATERIAIS | SUPERVISOR DE LOGÍSTICA |
| RECURSOS HUMANOS | AUXILIAR DE MATERIAIS | ENGENHEIRO TRAINEE |
| SUPERVISOR RH | ALMOXARIFE | DESENHISTA CADISTA |
| ENCARREGADO FOLHA DE PAGAMENTO | AJUDANTE | ARQUIVISTA |
| ENCARREGADO DE RECRUTAMENTO | ARQUIVISTA | ENGENHARIA |
| ASSISTENTE ADMINISTRATIVO | MOTORISTA DE VEÍCULOS PESADOS | COORDENADOR DE ENGENHARIA |
| AUXILIAR ADMINISTRATIVO | MOTORISTA DE VEÍCULOS LEVES | TÉCNICO PROJETO |
| CONTABILIDADE | ASSISTENTE ADMINISTRATIVO | ENGENHEIRO TRAINEE |
| CONTADOR | AUXILIAR ADMINISTRATIVO | DESENHISTA CADISTA |
| ENCARREGADO DE TESOURARIA | | ARQUIVISTA |
| ASSISTENTE ADMINISTRATIVO | | PRODUÇÃO |
| AUXILIAR ADMINISTRATIVO | | GERENTE DE PRODUÇÃO |
| | | GERENTE DE CONSTRUÇÃO CIVIL |
| | | COORDENADOR DE PRODUÇÃO SÊNIOR |
| | | COORDENADOR DE PRODUÇÃO PLENO |
| | | ENGENHEIRO TRAINEE |

Fonte: Próprio autor.

APÊNDICE II

Tabela 18: Informações do escopo de trabalho das atividades de soldagem.(GMAW)

| ITEM | SISTEMA | QUANTIDADE JUNTAS | DIÂMETRO | DIÂMETRO EXTERNO (mm) | ESPESSURA (mm) | MATERIAL | CLASSIFICAÇÃO MATERIAIS | PROCESSO |
|------|--|-------------------|----------|-----------------------|----------------|---------------|-------------------------|----------|
| 1 | BANCO DE CONVECÇÃO TERCIÁRIO | 532 | 2" | 60,3 | 5,6 | SA 213 Gr T22 | AÇO LIGA | GTAW |
| 2 | BANCO DE CONVECÇÃO SECUNDÁRIO | 36 | 1.3/4" | 60,1 | 4,7 | SA 213 Gr T22 | AÇO LIGA | GTAW |
| 3 | PAREDE D'ÁGUA DA FORNALHA | 246 | 2.1/2" | 73 | 5,5 | A 213 Gr A1 | AÇO CARBONO | GTAW |
| 4 | SUPORTAÇÃO DO BANCO DE CONVECÇÃO TERCIÁRIO | 188 | 1.3/4" | 60,1 | 4,7 | SA 213 Gr T11 | AÇO LIGA | GTAW |
| 5 | PAREDE REFRIGERADA A VAPOR | 43 | 2" | 60,3 | 5,54 | A 213 Gr A1 | AÇO CARBONO | GTAW |
| 6.1 | VÁLVULA DO HEADER DE VAPOR (MS-002 E) | 2 | 16" | 406,4 | 10,2 | A 335 Gr P22 | AÇO LIGA | GTAW |
| 6.2 | | 2 | 16" | 406,4 | 40,6 | A 335 Gr P22 | AÇO LIGA | GMAW |
| 7 | LINHA DE CONDENSADO (CI-6053075) | 2 | 12" | 323,9 | 9,5 | A 106 Gr. B | AÇO CARBONO | GTAW |
| 8 | LINHA DE CONDENSADO (CI-6053076) | 2 | 10" | 273,1 | 9,3 | A 106 Gr. B | AÇO CARBONO | GTAW |
| 9 | LINHA DE PQ (PQ-6053030) | 14 | 1/2" | 21,3 | 4,78 | A 106 Gr. B | AÇO CARBONO | GTAW |
| 10 | LINHA DE AD (AD-6053156) | 2 | 4" | 114,3 | 13,5 | A 106 Gr. B | AÇO CARBONO | GTAW |
| 11 | LINHA DE AD (AD-6053157) | 8 | 3" | 88,9 | 11,1 | A 106 Gr. B | AÇO CARBONO | GTAW |

Fonte: Próprio autor.

Tabela 19: Informações do escopo de trabalho das atividades de soldagem. (GMAW)

| ITEM | SISTEMA | IEIS | EPS | CONSUMÍVEL | JUNTA | CHANFRO | VAZÃO DO GÁS (L/min) | TENSÃO NO ARCO (V) | INTENSIDADE DA CORRENTE (A) | VELOCIDADE DE SOLDAGEM (cm/min) |
|------|--|------|---------|------------|--------|---------|------------------------|--------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| 1 | BANCO DE CONVECÇÃO TERCIÁRIO | 059 | ACB-021 | ER-90S B3 | TOPO | V | 12 (FACE) 8 (PURGA) | 12 | 120 | 6,5 |
| 2 | BANCO DE CONVECÇÃO SECUNDÁRIO | 059 | ACB-021 | ER-90S B3 | TOPO | V | 12 (FACE) 8 (PURGA) | 12 | 120 | 6,5 |
| 3 | PAREDE D'ÁGUA DA FORNALHA | 001 | ACB-001 | ER-70S 3 | TOPO | V | 15 | 13 | 125 | 6,5 |
| 4 | SUPORTAÇÃO DO BANCO DE CONVECÇÃO TERCIÁRIO | 210 | ACB-077 | ER-80S B2 | TOPO | V | 14 | 15 | 130 | 18 |
| 5 | PAREDE REFRIGERADA A VAPOR | 001 | ACB-001 | ER-70S 3 | TOPO | V | 15 | 13 | 125 | 6,5 |
| 6.1 | VÁLVULA DO HEADER DE VAPOR (MS-002 E) | 008 | ACB-008 | ER-90S B3 | TOPO | U | 12 (FACE) 8 (PURGA) | 13,5 | 105 | 4 |
| 6.2 | | 500 | ACB-117 | ER-80S B6 | TOPO | U | 18 | 24 | 120 | 210 |
| 7 | LINHA DE CONDENSADO (CI-6053075) | 001 | ACB-001 | ER-70S 3 | TOPO | V | 15 | 13 | 125 | 6,5 |
| 8 | LINHA DE CONDENSADO (CI-6053076) | 001 | ACB-001 | ER-70S 3 | TOPO | V | 15 | 13 | 125 | 6,5 |
| 9 | LINHA DE PQ (PQ-6053030) | 157 | ACB-001 | ER-70S 3 | ANGULO | ANGULO | 15 | 13 | 125 | 6,5 |
| 10 | LINHA DE AD (AD-6053156) | 001 | ACB-001 | ER-70S 3 | TOPO | V | 15 | 13 | 125 | 6,5 |
| 11 | LINHA DE AD (AD-6053157) | 001 | ACB-001 | ER-70S 3 | TOPO | V | 15 | 13 | 125 | 6,5 |

Fonte: Próprio autor.

Tabela 20: Resultado parcial da aplicação da metodologia. (GMAW)

| ITEM | SISTEMA | ÁREA SEÇÃO JUNTA (mm ²) | VOLUME SISTEMA (mm ³) | PMD (kg/m) | QC METAL (kg) | QC GÁS (L) | CC (\$) | NP | TS (h/m) | CMO (\$) HISTOGRAMA + COMPLEMENTOS | CEE (\$/m) | DESPESAS EQUIP + FERRAMENTAS (\$) | DESPESAS GERAIS (\$) |
|------|---|-------------------------------------|-----------------------------------|------------|---------------|--------------|----------------|-----|----------|------------------------------------|------------|-----------------------------------|----------------------|
| 1 | BANCO DE CONVECÇÃO TERCIÁRIO | 32,34 | 3.259.718,03 | 25,43 | 2.785,26 | 1.887.508,53 | R\$ 141.166,88 | 101 | 93,97 | | R\$ 210,68 | | |
| 2 | BANCO DE CONVECÇÃO SECUNDÁRIO | 24,39 | 165.808,41 | 1,29 | 9,56 | 9.366,03 | R\$ 530,51 | 7 | 6,34 | | R\$ 14,21 | | |
| 3 | PAREDE D'ÁGUA DA FORNALHA | 31,40 | 1.771.471,25 | 13,82 | 847,32 | 734.503,01 | R\$ 23.132,72 | 56 | 52,60 | | R\$ 133,09 | | |
| 4 | SUPOORTAÇÃO DO BANCO DE CONVECÇÃO TERCIÁRIO | 24,39 | 865.888,35 | 6,75 | 260,59 | 97.998,61 | R\$ 8.648,16 | 35 | 11,95 | | R\$ 36,29 | | |
| 5 | PAREDE REFRIGERADA A VAPOR | 21,78 | 258.840,72 | 2,02 | 17,88 | 15.212,61 | R\$ 485,10 | 8 | 7,60 | | R\$ 19,22 | | |
| 6.1 | VÁLVULA DO HEADER DE VAPOR (MS-002 E) | 1359,52 | 3.471.523,70 | 5,42 | 15,03 | 2.466,79 | R\$ 638,40 | 3 | 3,87 | R\$ 1.023.981,75 | R\$ 8,54 | R\$ 77.813,02 | R\$ 65.973,75 |
| 6.2 | | | | 21,66 | 59,48 | 14.934,89 | R\$ 5.139,78 | 682 | 16,92 | | R\$ 56,92 | | |
| 7 | LINHA DE CONDENSADO (CI-6053075) | 81,16 | 165.175,00 | 1,29 | 2,85 | 955,78 | R\$ 53,59 | 2 | 1,90 | | R\$ 4,80 | | |
| 8 | LINHA DE CONDENSADO (CI-6053076) | 78,09 | 133.999,06 | 1,05 | 1,95 | 679,49 | R\$ 37,07 | 2 | 1,60 | | R\$ 4,05 | | |
| 9 | LINHA DE PQ (PQ-6053030) | 5,98 | 5.597,52 | 0,04 | 0,04 | 202,53 | R\$ 3,84 | 1 | 0,87 | | R\$ 2,21 | | |
| 10 | LINHA DE AD (AD-6053156) | 155,48 | 111.660,05 | 0,87 | 0,68 | 119,02 | R\$ 11,04 | 1 | 0,67 | | R\$ 1,69 | | |
| 11 | LINHA DE AD (AD-6053157) | 107,94 | 241.175,66 | 1,88 | 4,57 | 1.152,02 | R\$ 79,82 | 2 | 2,08 | | R\$ 5,27 | | |

Fonte: Próprio autor.