



Odair Storck

**IMPLANTAÇÃO DE UM PROCESSO DE PREPARAÇÃO DE
SUPERFÍCIE E PINTURA LÍQUIDA POLIURETANA EM UMA
EMPRESA DE MÉDIO PORTE**

Horizontina

2013

Odair Storck

**IMPLANTAÇÃO DE UM PROCESSO DE PREPARAÇÃO DE
SUPERFÍCIE E PINTURA LÍQUIDA POLIURETANA EM UMA
EMPRESA DE MÉDIO PORTE**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção, pelo Curso de Engenharia de Produção da Faculdade Horizontina.

ORIENTADOR: Vilmar Bueno Silva, Mestre.

Horizontina

2013

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTALINA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:

**“Implantação de um processo de preparação de superfície e pintura líquida
poliuretana em uma empresa de médio porte”**

Elaborada por:

Odair Storck

como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia de Produção

**Aprovado em: 02/12/2013
Pela Comissão Examinadora**

Mestre. Vilmar Bueno Silva
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador

Engenheiro. Sandro Lazzaretti
FAHOR – Faculdade Horizontina

Doutor. Ademar Michels
FAHOR – Faculdade Horizontina

**Horizontina
2013**

“O produto é algo que é feito na fábrica; a marca é algo que é comprado pelo consumidor: o produto pode ser copiado pelo concorrente; a marca é única. O produto pode ficar ultrapassado rapidamente; a marca bem-sucedida é eterna.”

STEPHEN KING

RESUMO

Atualmente, diante de um mercado cada vez mais competitivo, as organizações em geral procuram desenvolver ou melhorar seus processos organizacionais. Neste contexto, destaca-se o objetivo do presente Trabalho de Final de Curso (TFC) que é implantar um processo de preparação de superfície e pintura líquida poliuretana em uma empresa de médio porte. Para tanto, como metodologia de pesquisa, definiu-se realizar um estudo aplicado, qualitativo, quantitativo e descritivo na empresa IXON-Qualitec Indústria e Comércio LTDA. Como principais resultados da pesquisa, destaca-se a viabilidade de implantar o processo de pintura proposto, bem como através dele, a possibilidade de ganhar produtividade e qualidade de pintura final, mais especificamente, obtendo aumento da resistência aos meios corrosivos e melhoria estética.

Palavras-chave: Pintura líquida poliuretana - Tintas industriais - Qualidade.

ABSTRACT

Nowadays, in the face of a competitive market, the organizations look to develop or improve its organizational process. In this context stand out the objective of this final course work that is to introduce a preparation surface and paint liquid polyurethane process in a company of medium sized. For this, as research methodology, it was defined a applied study, qualitative, quantitative and descriptive that was realized in IXON - Qualitec Indústria e Comércio Ltda. As main research results, stand out the feasibility to introduce the proposed paint process, and through it, the possibility to increase final paint productivity and quality, more specifically, getting improvement the resistance the corrosive media and improving the aesthetics.

Keywords: Liquid paint polyurethane. Industrial paints. Quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Formação da carepa: reação do oxigênio (ar) com o ferro (aço).....	20
Figura 2: Grau de corrosão do aço.	21
Figura 3: Comparação entre perfis de rugosidade	23
Figura 4: <i>Layout</i> antigo	31
Figura 5: Óxido laranja sobre a pintura	33
Figura 6: Projeto cabine de pintura	33
Figura 7: Cabine de pintura.....	34
Figura 8: Cabine de pintura.....	34
Figura 9: Tanque de pressão com pistola convencional.....	35
Figura 10: Telhado da empresa na área de pintura	36
Figura 11: Simulação em CAD.....	36
Figura 12: Projeto cabine de lavagem.....	37
Figura 13: Processo de pintura atual	38
Figura 14: Máquina dosadora de tinta.....	39
Figura 15: Pistola eletrostática	39
Figura 16: Proteção de rasgo e furo.....	41
Figura 17: Proteção de rasgos e furos	40
Figura 18: Aplicação de adesivo selante.....	40
Figura 19: Alterações estruturais	41
Figura 20: Dispositivos de movimentação.....	42
Figura 21: Cabine de pintura em fase de projeto	43
Figura 22: Início da montagem.	43
Figura 23: Montagem da cabine pintura.....	44
Figura 24: Finalização da montagem	44
Figura 25: Análise sal spray.....	46
Figura 26: Análise salt spray.....	45
Figura 27: Nova cabine de pintura	47

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO DA LITERATURA	12
2.1 CONCEITO DE CORROSÃO	12
2.2 AMBIENTES CORROSIVOS	13
2.3 ATMOSFERA.....	14
2.4 REVESTIMENTOS PROTETORES	15
2.4.1 REVESTIMENTOS METÁLICOS	15
2.4.2 REVESTIMENTOS NÃO-METÁLICOS INORGÂNICOS	16
2.4.3 REVESTIMENTOS ORGÂNICOS.....	16
2.5 PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIE.....	18
2.5.1 CONTAMINANTES.....	18
2.5.2 MÉTODOS DE PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIE	20
2.6 CONSTITUINTES DAS TINTAS.....	24
2.7 CLASSIFICAÇÕES DAS TINTAS.....	25
2.8 APLICAÇÕES DE TINTAS.....	26
3 METODOLOGIA	28
3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS.....	28
3.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	29
3.3 DESCRIÇÕES DA AMOSTRA.....	29
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	31
4.1 DESCRIÇÕES DO PROCESSO ANTERIOR	31
4.1.1 A QUALIDADE NO PROCESSO ANTERIOR	32
4.1.2 CAPACIDADE PRODUTIVA ABAIXO DA NECESSIDADE	33
4.1.3 QUESTÕES AMBIENTAIS	35
4.2 A IMPLANTAÇÃO DO NOVO PROCESSO	36
4.2.1 ALTERAÇÕES NO PROCESSO DE PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIE.....	37
4.2.2 ALTERAÇÃO DA TINTA UTILIZADA	37
4.2.3 ATUALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE PINTURA	38
4.2.4 CRIAÇÃO DE PROCEDIMENTOS	40
4.2.5 ALTERAÇÕES ESTRUTURAIS	41
4.2.6 DISPOSITIVOS AUXILIARES	41
4.2.7 IMPLANTAÇÃO DE NOVA CABINE DE PINTURA	42

	8
4.3 RESULTADOS ENCONTRADOS	45
4.3.1 MELHORIAS NA RESISTÊNCIA ÀS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS	45
4.3.2 REDUÇÃO NO CONSUMO DE TINTA	46
4.3.3 AUMENTO DA CAPACIDADE PRODUTIVA E ATENDIMENTO A NORMAS AMBIENTAIS	46
5 CONCLUSÕES	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
ANEXO A – ESPECIFICAÇÃO DE PINTURA.....	51

1 INTRODUÇÃO

Hoje, falar de marca é um assunto bastante complexo, não se restringindo ao logotipo estampado nos produtos ou material de identificação visual.

A acirrada concorrência entre as organizações e a grande diversidade de recursos e tecnologia aplicada aos processos produtivos os leva a oferecerem produtos e serviços muito similares. Com isso, o consumidor atual passou a considerar fatores subjetivos para a escolha de um produto, e uma marca sólida traz muito mais respostas à memória. A pintura industrial sempre foi o principal recurso de proteção anticorrosiva, no entanto, os fabricantes abduzem a associação da marca a suas cores e, conseqüentemente, ao plano de pintura empregado já que conforme a NR26 estas são empregadas muitas vezes com objetivo de identificação de segurança, delimitar áreas, identificar canalizações empregadas nas indústrias para a condução de líquidos e gases e, advertindo contra riscos.

A IXON - Qualitec Indústria e Comércio LTDA, localizada em Santa Rosa - RS fundada em 1995 atuava unicamente na manutenção/ampliação de plantas empresariais, automação de processos produtivos e fabricação de equipamentos especiais por projeto sob encomenda. Esta execução por projetos gerava custos altíssimos devido à necessidade de elaboração de orçamentos detalhados. Utilizando, preferencialmente, mais mão de obra humana, pois não é viável implantar automatismos e logísticas, características da produção seriada. A logística da compra dos materiais também traz maiores custos, pelas quantidades menores de cada tipo de material, enfim, tudo fica mais caro por conta das quantidades e por manter a qualidade para não comprometer o projeto. Sem dúvida, o preço final fica, muitas vezes, maior do que o produzido em quantidade.

Em 1º de outubro de 2009 a Qualitec Indústria e Comércio de Santa Rosa - RS após pesquisa, avaliação de competências e análise de mercado reposiciona-se, passando agora a produzir equipamentos para área da construção civil, lançando a marca IXON, subdividida em dois ramos:

- Road Building: responsável por cerca de 80% dos esforços de venda e proporcional faturamento. Oferecendo ao mercado usinas de asfalto móveis e fixas de 40 a 120 toneladas/hora e centrais de concreto móveis e fixas 20 a 80 m³/hora;

- Seeds: responsável pelos 20% restantes do faturamento, oferecendo equipamentos para empresas processadoras de sementes.

Um conceito novo de concepção, projeto e execução são implantados, mudando o foco para uma fabricante de equipamentos. Entre as muitas mudanças, há a padronização de equipamentos e a conseqüente produção seriada, criação de uma área comercial focada na divulgação da marca e publicação e, área de pós-venda possibilitando assistência técnica com suporte ao cliente. A pintura dos equipamentos deixa de ser algo complementar, e passa a apresentar a marca IXON no mercado através da definição das cores padrões com objetivo de associar à marca.

Com esta entrada no mercado *Road Building*, os equipamentos passam a ficar expostos aos mais diversos meios corrosivos como: atmosfera, solos, águas naturais, águas do mar e produtos químicos e geraram a necessidade em desenvolver diversos planos de preparação e proteção específicos de acordo com a classificação do ambiente corrosivo, além da necessidade em aperfeiçoar a sistemática de produção do processo de pintura.

Em função do aumento na demanda de produtos, do dimensional dos produtos o processo de preparação de superfície e a pintura tornaram-se um problema. O plano de pintura, até o momento utilizado, passou a não ser mais o desejável, e a empresa optou por trabalhar com pintura PU (poliuretana), com isto ganhou-se bastante no acabamento final, na durabilidade da tinta, mas, por outrora, já se perdia bastante na produtividade e, principalmente, na qualidade da preparação da superfície por ser um processo totalmente manual.

Ao analisar o que foi citado anteriormente e, levando em consideração as necessidades da empresa, foi definido para este trabalho o seguinte problema de pesquisa: “A implantação de um novo processo de preparação de superfície e de pintura poliuretana líquida fornecerá maior qualidade na proteção anticorrosiva e o aspecto de associação da marca que a empresa deseja”?

Em tempos onde o aço é o principal material de construção industrial, a corrosão é um desafio a ser superado e, o sucesso de sua utilização só foi possível com o emprego de revestimentos eficazes, destacando-se neste caso o revestimento por pintura, aplicado sobre a superfície que se quer proteger.

“Com o avanço tecnológico, o custo da corrosão se eleva, tornando-se um fator de grande importância. Essa importância pode ser traduzida pelo custo da corrosão, que é avaliado cerca de 3,0 a 3,5% do PIB”. (ABRACO, 2009, p.09).

A pintura industrial constitui-se no método de proteção anticorrosiva mais utilizado na vida moderna pela simplicidade em proteger. Todavia, o sucesso de um esquema de pintura, inicia-se desde a fase do projeto até a aplicação da última demão de tinta de acabamento.

O papel do Engenheiro de Produção contribui com as expectativas de aplicação dos conceitos adquiridos durante a graduação, tornando-se uma oportunidade para complementar a experiência no que se refere às melhorias nos processos, buscando eliminar perdas e aprimorar a eficiência das operações.

A justificativa para a implantação deste trabalho está ligada diretamente a uma série de fatores que se não vistos com a importância necessária, podem levar ao fracasso qualquer tentativa de serviço de proteção anticorrosiva através de pintura industrial e colocar em risco todo e qualquer esforço.

Com o intuito de identificar as questões centrais relativas ao projeto, o objetivo geral e os objetivos específicos tornam-se importantes para a delimitação do trabalho e a implantação de um processo de pintura líquida poliuretana em uma empresa de médio porte. Para cumprir o objetivo geral, salientam-se os seguintes objetivos específicos:

- Fundamentar conceitualmente corrosão, preparação de superfície e os tipos de processo de pintura;
- Analisar o processo de preparação de superfície e pintura atual da empresa pesquisada;
- Definir um processo de pintura mais adequado para a empresa pesquisada conforme o objetivo de pesquisa;
- Implantar o processo proposto.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Com o objetivo de identificar as questões centrais relativas ao tema do projeto, o referencial teórico torna-se importante para o delineamento e encaminhamento do trabalho.

2.1 CONCEITO DE CORROSÃO

“Corrosão pode ser definida como sendo a deterioração que ocorre quando um material (normalmente um metal) reage com seu ambiente, levando à perda de suas propriedades”. (GNECCO; MARIANO; FERNANDES, 2003, p.78).

O aço quando sofre corrosão, transforma-se em ferrugem, e é necessário evitar ou, ao menos controlar as reações químicas e eletroquímicas para não inutilizá-lo. O solo, a água e a atmosfera tendem a provocar corrosão nos metais.

Quando ocorre essa corrosão, ela pode ser de forma generalizada ou superficial como no caso do ferro que fica com cor marrom avermelhada em toda superfície, caracterizando a ferrugem. O aço é um dos metais mais utilizados na indústria por possuir propriedades adequadas e muitas aplicações, porém não escapa também do processo de corrosão e precisa ser tratado (ABRACO, 2009).

“Em termos de quantidade de material danificado pela corrosão, estima-se que em torno de 30% do aço produzido no mundo seja usado para reposição de peças e equipamentos danificados pela corrosão”. Castro e Sillos (2012, p.251), destacam que a importância em estudar a corrosão está, portanto, fundamentada em:

- Viabilizar economicamente as instalações em geral construídas com materiais metálicos;
- Manter a integridade física dos equipamentos e instalações;
- Garantir máxima segurança operacional, evitando-se paradas não programadas e lucros interrompidos;
- Garantir a segurança industrial, evitando-se acidentes e problemas de poluição industrial.

Para Nunes e Lobo (2007), a corrosão pode incidir sobre diversos tipos de materiais, sejam metálicos como os aços ou as ligas de cobre. Dependendo do tipo de ação do meio corrosivo sobre o material, os processos corrosivos podem ser

classificados em dois grandes grupos, abrangendo todos os casos de deterioração por corrosão:

- Corrosão eletroquímica:
 - Necessariamente na presença de água no estado líquido;
 - Temperaturas abaixo do ponto de orvalho da água;
 - Formação de uma pilha ou célula de corrosão, com a circulação de elétrons na superfície metálica.
- Corrosão química:
 - Menos frequentes na natureza, surgem basicamente na industrialização envolvendo operações em temperaturas elevadas.
 - Realizam-se, necessariamente, na ausência de água líquida;
 - Em geral, em temperaturas elevadas, sempre acima do ponto de orvalho.
 - Devido à interação direta entre o metal e o meio corrosivo, não havendo deslocamento de elétrons, como no caso das pilhas de corrosão eletroquímicas.

2.2 AMBIENTES CORROSIVOS

Os meios corrosivos no campo da corrosão eletroquímica são responsáveis pelo aparecimento do eletrólito. O eletrólito é uma solução eletricamente condutora de água contendo sais ácidos e bases, ou ainda, líquidos com sais fundidos. Os principais meios corrosivos e respectivos eletrólitos, segundo Nunes, Lobo (2007), são:

- Atmosfera- quando o ar contém umidade e sais em suspensão (especialmente na orla marítima), gases industriais, poeira, etc. O eletrólito constitui-se da água que condensa na superfície metálica, na presença de sais ou gases;
- Solos- contém umidade e sais minerais, podem apresentar características ácidas ou básicas. O eletrólito constitui-se, principalmente, da água com sais dissolvidos;
- Águas naturais- (rios, lagos ou solos) podem conter sais minerais. O eletrólito constitui-se, principalmente, da água com sais dissolvidos;

- Água do mar- contém quantidade apreciável de sais, sendo desta forma um eletrólito por excelência, outros constituintes como gases podem acelerar o processo corrosivo;
- Produtos químicos- os produtos químicos, desde que em contato com água ou com umidade e sendo ionizáveis, formam um eletrólito, podendo provocar corrosão eletroquímica.

2.3 ATMOSFERA

Segundo Nunes e Lobo (2007), para caracterizar a corrosividade atmosférica, utiliza-se muito, atualmente, a NBR14643, observando o seguinte critério nos microclimas locais:

- Microclima extremamente agressivo - clima extremamente úmido com tempo de condensação próximo de 100%. Atmosfera marinha, sobre a orla marítima com ventos predominantes na direção da estrutura a ser pintada. Caracterizada pela cor preta;
- Microclima muito agressivo - clima úmido com tempo de condensação superior a 60%. Atmosfera próxima à orla marinha, além de 500 metros da praia e até onde os sais possam alcançar. Caracterizada pela cor vermelha;
- Microclima agressivo- clima úmido com tempo de condensação de 30 a 60%. Atmosfera industrial envolve regiões com muitos gases provenientes de combustão, principalmente gases com alto teor de enxofre. Caracterizada pela cor amarela;
- Microclima medianamente agressivo - atmosfera úmida, locais com relativa umidade do ar média acima de 60%. Caracterizada pela cor verde;
- Microclima pouco agressivo - ocorre nas cidades onde se tem uma razoável quantidade de gases provenientes de veículos automotores e uma indústria razoavelmente desenvolvida, Caracterizada pela cor azul;
- Microclima muito pouco agressivo - locais em geral no interior, onde não há gases industriais ou sais em suspensão e a umidade relativa do ar se apresenta com valores sempre baixos. Caracterizada pela cor branca.

2.4 REVESTIMENTOS PROTETORES

São revestimentos aplicados sobre a superfície metálica, que dificultam o contato da superfície como meio corrosivo, objetivando minimizar a degradação da mesma pela ação do meio corrosivo. O principal mecanismo de proteção dos revestimentos é por barreira, mas, poderá também proteger por inibição catódica e, ou anódica. (NUNES; LOBO, 2007).

2.4.1 Revestimentos metálicos

- Consistem na interdeposição de uma película metálica entre o meio corrosivo e o metal que se quer proteger. Segundo Nunes e Lobo (2007), os processos de revestimento metálicos mais comuns são:
 - Cladização: os *clads* constituem-se de chapas de um metal ou liga resistente à corrosão, revestindo e protegendo outro metal com função estrutural. Mais usados nas indústrias químicas e de petróleo;
 - Deposição por imersão a quente: é um dos mais antigos e bem sucedidos processos de tratamento aplicado na proteção do ferro ou aço contra a corrosão. Indicado para peças de grande porte que são expostos a ambientes agressivos. (CASTRO, SILLOS, 2012);
 - Metalização: Processo pelo qual se deposita sobre uma superfície previamente preparada, camadas de materiais metálicos. Por metalização é comum revestimentos com zinco, alumínio, chumbo, estanho e cobre;
 - Eletrodeposição: consiste na deposição eletrolítica de metais que se encontram sob a forma iônica em um banho. A superfície a revestir é colocada no cátodo de uma forma eletrolítica. Faz-se revestimentos com cromo, níquel, ouro, prata, cobre, estanho e, principalmente, cádmio;
 - Deposição química: deposição de materiais por meio de redução química, com este processo é comum revestir-se com cobre e níquel.

2.4.2 Revestimentos não-metálicos inorgânicos

Consiste na interposição de uma película não-metálica inorgânica entre o meio corrosivo e o metal que se deseja proteger. Para ABRACO (2009), os mecanismos de proteção por barreira são essencialmente:

- Anodização: consiste em tornar mais espessa a camada protetora passivante existente entre certos metais, o alumínio é um exemplo muito comum de anodização;
- Cromatização: consiste na reação da superfície metálica com soluções ligeiramente ácidas contendo cromatos;
- Fosfatização: adição de uma camada de fosfatos à superfície metálica, inibindo processos corrosivos. É um processo largamente empregado nas indústrias automobilísticas e de eletrodomésticos após o desengraxe da superfície metálica e, seguido de pintura;
- Revestimento com argamassa de cimento: consiste na colocação de argamassa de cimento, com espessura de 3 a 6 mm sobre a superfície metálica. Muito utilizado em tubulações para transporte de água salgada;
- Revestimento com vidro: consiste na colocação de uma camada de vidro sob forma de esmalte e fundida em fornos sobre a superfície metálica. Muito utilizada na indústria química;
- Revestimento com esmalte vítreo: colocação de esmalte vítreo (vidro + cargas + pigmentos), este revestimento é muito utilizado em alguns utensílios domésticos, em fogões, máquinas de lavar;
- Revestimento com material cerâmico: consiste na colocação de um material cerâmico, geralmente silicoso, de alta resistência a ácidos, utilizado principalmente para revestimento de pisos e canais de efluentes.

2.4.3 Revestimentos orgânicos

Consiste na interposição de uma camada de natureza orgânica entre a superfície metálica e o meio corrosivo. Conforme Nunes e Lobo (2007), os principais revestimentos protetivos são:

- Pintura industrial: revestimento em geral orgânico, largamente empregado para o controle de corrosão em estruturas aéreas, neste caso é normalmente a melhor alternativa em termos técnicos e econômicos para proteção anticorrosiva. Também é empregado, porém em menor escala, em estruturas enterradas, mas, provocam dificuldade em manutenções. Em estruturas submersas são utilizadas desde que sofram manutenções periódicas;
- Revestimento com borracha: consiste no recobrimento da superfície metálica com uma camada de borracha, utilizando-se processo de vulcanização. Utilizado na indústria química em equipamentos e tubulações que trabalham com meios altamente corrosivos;
- Revestimento para tubulações enterradas: em tubulações enterradas e submersas como gasodutos, oleodutos e adutoras, por melhor que seja o revestimento, a eficiência é sempre menor que 100%, surgindo então, a necessidade de elevar a espessura destes revestimentos a faixas de 400µm e 8mm de espessura. De acordo com Nunes e Lobo (2007) estes revestimentos devem possuir uma série de características para que possam cumprir as suas finalidades. Dentre elas:
 - boa e permanente aderência ao tubo;
 - boa taxa de absorção de água;
 - boa e permanente resistência elétrica;
 - boa resistência à água, vapor e produtos químicos;
 - boa resistência mecânica;
 - boa estabilidade sob efeito de variação de temperatura;
 - resistência à acidez, alcalinidade, sais e bactérias do solo;
 - boa flexibilidade, de modo a permitir o manuseio dos tubos revestidos e as dilatações e contrações do duto;
 - facilidade de aplicação e reparo;
 - durabilidade;
 - economicidade.

O autor citado anteriormente complementa que é, praticamente, impossível encontrar um revestimento que atenda a todas estas características com perfeição. São utilizados então aqueles que apresentam a maior característica do meio corrosivo, como: esmalte de alcatrão e hulha (*coal-tar*), revestimentos com asfalto, espuma rígida de poliuretano, polietileno extrudado, entre outros.

2.5 PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIE

Segundo Nunes e Lobo (2007), a preparação da superfície metálica constitui uma etapa importantíssima na execução de uma pintura industrial. Ela é definida pelo esquema de pintura desejado, uma vez que, varia em função da natureza das tintas que irá aplicar e do desempenho esperado pelo esquema de pintura.

O mesmo autor ainda conclui que a correta preparação da superfície melhora a adesão do sistema ao substrato e prolonga a vida útil da pintura. Os substratos de aço carbono, concreto e galvanizado são os que mais se deterioram em ambientes agressivos e, por isso, devem ser protegidos por pintura.

Sherwin-Williams (2011), afirma que a eficiência e a durabilidade dos revestimentos anticorrosivos dependem, fundamentalmente, do preparo da superfície a ser protegida. Uma superfície bem limpa, livre de ferrugem, graxa, sujeira e umidade, é o melhor substrato para um bom revestimento protetor.

Gnecco, Mariano, Fernandes (2003), afirmam que o grau de preparação de superfície depende de restrições operacionais, do custo de preparação, do tempo e dos métodos disponíveis, da expectativa de vida útil, do tipo de superfície e da seleção do esquema de tintas em função da agressividade do meio ambiente.

“Um bom tratamento é um dos principais responsáveis pelo sucesso de um revestimento, como boa aderência, acabamento e maior vida útil da peça”. (ETT, 2010, p.01)

2.5.1 Contaminantes

Preparar a superfície do aço significa executar operações que permitam obter limpeza e rugosidade. A limpeza elimina os materiais estranhos, como contaminantes, oxidações e tintas mal aderidas, que poderiam prejudicar a aderência da nova tinta. A rugosidade aumenta a superfície de contato e também ajuda a melhorar esta aderência. O grau de preparação de superfície depende de restrições operacionais, do custo de preparação, do tempo e dos métodos disponíveis, do tipo de superfície e da seleção do esquema de tintas em função da agressividade do meio ambiente. (GNECCO; MARIANO; FERNANDES, 2003).

Ainda de acordo com Gnecco, Mariano, Fernandes (2003), as tintas aderem aos metais por ligações físicas, químicas ou mecânicas. As duas primeiras ocorrem

através de grupos de moléculas presentes nas resinas das tintas que interagem com grupos existentes nos metais. A ligação mecânica se dá sempre associada a uma das outras duas e implica na necessidade de certa rugosidade na superfície. Preparar a superfície do aço significa executar operações que permitam obter limpeza e rugosidade.

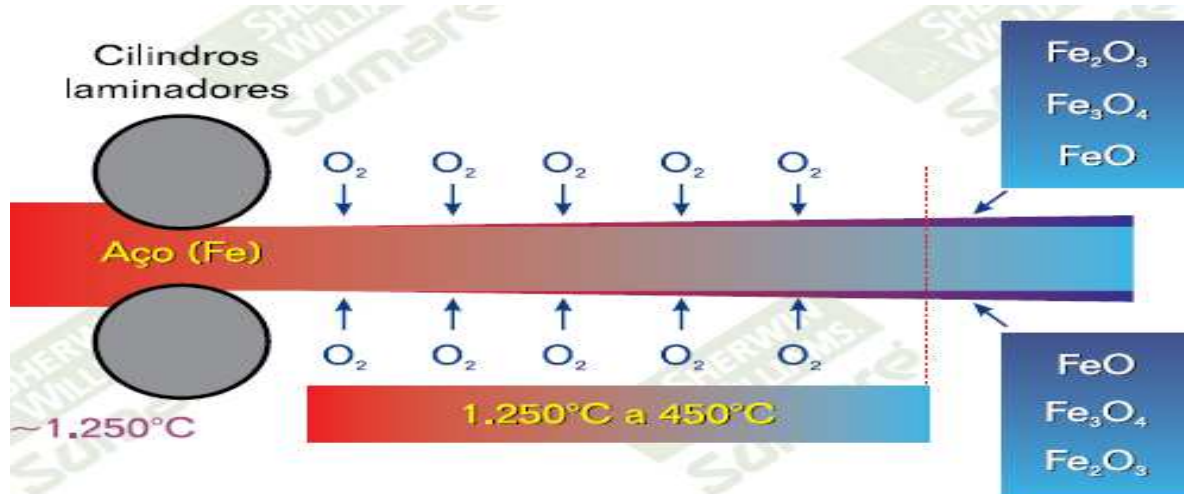
Gnecco, Mariano, Fernandes (2003), afirmam que aço é uma liga ferro-carbono contendo outros elementos tais como: Manganês, Silício, Fósforo e Enxofre, seja porque estes integravam as matérias-primas (minérios e coque) com que foram fabricados, ou porque lhes foram deliberadamente adicionados, para lhes conferirem determinadas propriedades. Qualquer material diferente destes, mesmo se tratando de óxidos ou sais do Ferro sobre a superfície do aço é considerado um contaminante.

Os contaminantes são classificados de acordo com a sua natureza, em:

- Óleos ou graxas: Óleos de usinagem, óleos de prensagem ou óleos protetivos temporários, levados pelas mãos de operadores de máquinas;
- Suor: Líquido produzido pelas glândulas sudoríparas, com PH entre 4,5 e 7,5 eliminado através dos poros da pele. Contém água, gorduras, ácidos e sais. O toque das mãos em superfícies a serem pintadas produz manchas que causam bolhas nas tintas e aceleram a corrosão;
- Compostos solúveis: Qualquer tinta, por mais moderna e de melhor desempenho que possa ter, nunca deve ser aplicada sobre superfícies contaminadas por compostos solúveis, pois há um grande risco de se formarem bolhas quando as peças forem submetidas a ambientes úmidos ou corrosivos. (GNECCO; MARIANO; FERNANDES, 2003).

Sherwin-Willians (2011), afirma que a carepa de laminação, como não é desejada em trabalhos de pintura, chega a ser classificada como um contaminante muito especial. Basta aquecer qualquer peça de aço entre 1.250°C e 450°C que o oxigênio reage com o ferro e forma-se a carepa. Na laminação, o aço é aquecido para tornar-se mais dúctil e para que seja possível passar as chapas entre os cilindros laminadores, conforme mostra a Figura 1 a seguir.

Figura 1- Formação da carepa: reação do oxigênio (ar) com o ferro (aço)



Fonte: Sherwin-Willians (2011).

A carepa recentemente formada tem as seguintes características:

- É aderente;
- É impermeável;
- É dura;
- É lisa;
- Pode apresentar espessuras de 15 até vários milhares de micrometros.

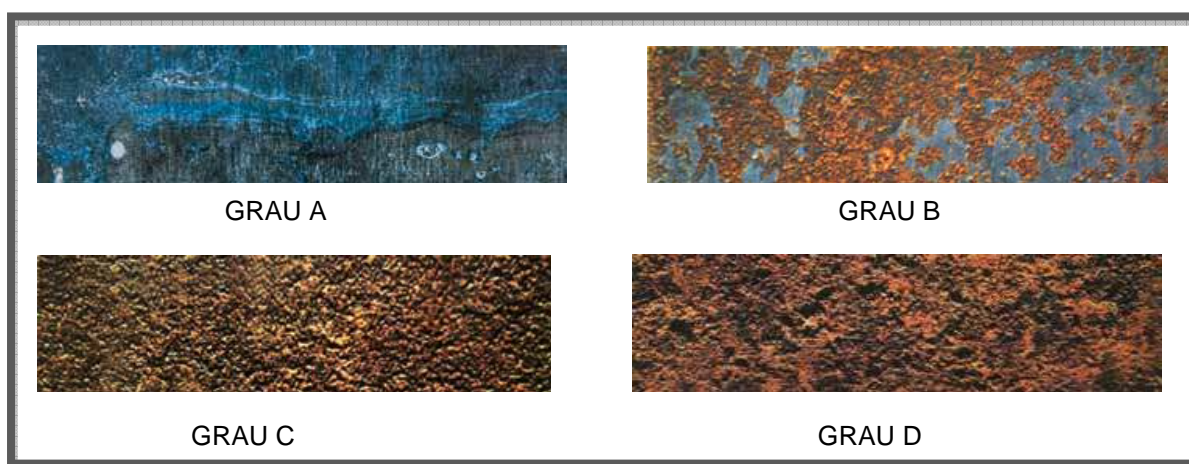
Uma análise rápida das características da carepa poderia levar a conclusão de que se trata de um ótimo revestimento anticorrosivo. Se comparássemos uma camada de carepa com uma camada de tinta, no mesmo ambiente pelo mesmo tempo, a pintura apresentaria um desempenho superior. A explicação é que a tinta apresenta flexibilidade suficiente para acompanhar os movimentos da base sem trincar ou fissurar. A carepa não possui flexibilidade e não acompanha os movimentos do aço sobre a qual foi formada. Por possuir coeficiente de dilatação diferente do aço e com os movimentos diários de dilatação por causa do calor do sol e com a contração devido a temperaturas serem mais frias durante as noites, a carepa acaba trincando e destacando-se, levando a tinta junto consigo. (GNECCO, MARIANO, FERNANDES, 2003).

2.5.2 Métodos de preparação de superfície

Com relação a métodos de preparação de superfícies de aço carbono, Sherwin-Willians (2011), indica a norma ISO 8501-1 que apresenta quatro padrões

visuais de comparação para preparação de superfícies apresentados na Figura 2. A ISO adotou a norma sueca SIS 05 59 00-1967 (Norma Sueca SIS 05 5900 (1967) Swedish Standards Institution), que passou a ser a norma adotada no mundo todo.

Figura 2- Grau de corrosão do aço.



Fonte: WEG (2009).

Estes quatro graus de Corrosão observados para determinação do processo de preparação da superfície são:

- **“A”**- Substrato de aço completamente coberto com carepa de laminação aderida e com pouca ou nenhuma ferrugem;
- **“B”**- Substrato de aço com início de enferrujamento e início de destacamento da carepa de laminação;
- **“C”**- Substrato de aço onde a carepa de laminação foi eliminada pelo enferrujamento ou que possa ser removida por raspagem, mas com pouca formação de cavidades (pites) visíveis a olho nu;
- **“D”**- Substrato de aço onde a carepa de laminação foi eliminada pelo enferrujamento e, na qual, considerável formação de cavidades (pites) é visível a olho nu. (SHERWIN-WILLIANS, 2011)

De acordo com Sherwin-Willians (2011), a equivalência entre os diversos métodos de limpeza e suas respectivas normas está especificada no quadro 1:

Quadro 1- Graus de corrosão.

TIPOS DE PREPARAÇÃO	SIS 05 59 00	ABNT
Ferramentas mecânicas		
Limpeza manual	St 2	NBR 15239
Limpeza motorizada	St3	NBR 15239
Jato abrasivo		
Ligeiro(Brush-off)	Sa1	NBR 7348
Comercial	Sa 2	NBR 7348
Metal quase branco	Sa 2.1/2	NBR 7348
Metal branco	Sa 3	NBR 7348

Fonte: Sherwin-Willians(2011).

Com relação aos métodos de preparação com ferramentas manuais e mecânicas, Nunes e Lobo (2007), afirmam que é um tipo de limpeza precária, de baixo rendimento de execução e recomendável apenas quando não for possível a aplicação de métodos mais eficientes, por razões técnicas e econômicas. Nunes e Lobo (2007), comentam ainda que, no caso da limpeza mecânica, por ser executada por martelletes de agulha, escovas rotativas e lixadeiras pode apresentar como inconveniente a possibilidade de polir a superfície e, conseqüentemente, dificultar adesão da tinta. Os padrões de limpeza manual e mecânica são:

- St 2 - Limpeza minuciosa por raspagem, escovamento ou lixamento manual para remoção de toda a carepa de laminação solta e outras impurezas. Em seguida, a superfície é soprada com ar comprimido limpo e seco ou aspirada ou escovada com uma escova de pelos, devendo-se obter um acentuado brilho metálico;
- St 3 - Limpeza muito minuciosa por raspagem, escovamento ou lixamento (mecânico ou manual) para remoção de toda a carepa de laminação solta e outras impurezas, porém mais rigorosa que a feita em St 2. Em seguida, a superfície é soprada com ar comprimido limpo e seco ou aspirada ou escovada com uma escova de pelos, devendo-se obter um acentuado brilho metálico;

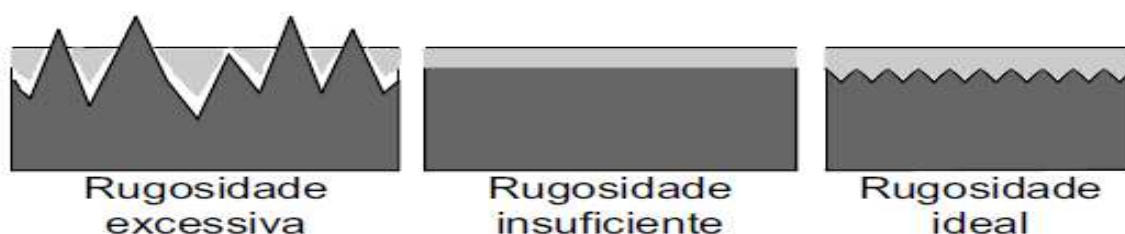
Para Silva (2012), a preparação de superfície com jateamento abrasivo pode ser executada de duas maneiras: ar comprimido e turbinas centrífugas. Em qualquer um dos processos as partículas são lançadas sobre a superfície em processo. No

impacto, as impurezas são arrancadas e parte do metal também, criando aspereza na superfície.

Nunes e Lobo (2007), comentam que este tipo de preparação é o mais adequado e recomendável para aplicação de pintura, por ser de grande rendimento de execução, proporcionar uma limpeza adequada e deixar na superfície uma rugosidade excelente para uma boa ancoragem da película de tinta.

Gnecco, Mariano, Fernandes (2003) conforme figura 3, acrescentam ainda, que o perfil deve ser controlado, pois se for muito alto podem ficar picos fora da camada de tinta e por este motivo, a corrosão se iniciará a partir destas áreas e, se for muito baixo a tinta pode não aderir satisfatoriamente.

Figura 3: Comparação entre perfis de rugosidade



Fonte: Gnecco, Mariano, Fernandes (2003).

O perfil de rugosidade ideal é aquele entre $1/4$ e $1/3$ da espessura total da camada de tinta, somadas todas as demãos.

Silva (2012), comenta ainda que, após o processo de jateamento o material de composição da peça é exposto às intempéries do ambiente em que se encontra. O tempo em que a superfície jateada pode ficar sem pintura, depende das condições do clima e localização do ambiente onde a superfície ficará exposta.

- Entre 30% e 70% de umidade relativa do ar, o tempo pode ser de 8 horas;
- Entre 70% e 85% de umidade do ar, o tempo não deve passar de 4 horas;
- Ambiente industrial agressivo ou à beira mar, não deve passar de 2 horas;
- Se houver poeira no ar ou chuvisco de torres de resfriamento, deverá ser providenciada a cobertura do local com lonas e o tempo deverá ser o mínimo possível. Se a umidade relativa do ar estiver acima de 85%, não deve ser efetuado nem o serviço de jateamento, nem o de pintura.

- Sa 1 - Limpeza por jateamento ligeiro (Brush-off). O jato é aplicado rapidamente e remove a carepa de laminação solta e outras impurezas;
- Sa 2 - Limpeza por jateamento comercial. O jato deve remover quase toda a carepa de laminação, a ferrugem e materiais estranhos. Finalmente, a superfície é limpa com aspirador, ar comprimido seco ou com escova, devendo apresentar uma coloração acinzentada;
- Sa 2 ½ - Limpeza por jateamento ao metal quase branco. O jato deve remover toda a carepa de laminação e outras impurezas, de modo que possam aparecer apenas leves manchas na superfície, na forma de pontos ou listras. Finalmente, a superfície deve ser limpa com aspirador, ar comprimido seco ou com escova;
- Sa 3 - Limpeza por jateamento ao metal branco. O jato deve remover completamente toda a carepa de laminação ou outras impurezas. Finalmente, a superfície deve ser limpa com aspirador, ar comprimido limpo e seco ou com escova e deve apresentar uma coloração metálica uniforme.

2.6 CONSTITUINTES DAS TINTAS

As tintas representam uma das aplicações mais importantes dos polímeros. A diversidade de materiais poliméricos empregados por essa atividade industrial é ampla, sendo as principais: alquídicas, poliésteres, epóxi, acrílicas, vinílicas, borracha clorada, maleicas, melamínicas, uréicas, poliuretânicas, etc. A química dos polímeros é extremamente importante em tintas, pois permite obter o sistema polimérico adequado para uma determinada aplicação. A secagem de uma tinta é, na maioria das vezes, um processo de polimerização; a importância desta etapa química é grande, pois, é fundamental para obtenção das propriedades desejadas do revestimento correspondente. (WEG, 2009).

Para Nunes e Lobo (2007), as tintas apresentam constituintes considerados básicos, porque aparecem necessariamente numa tinta completa, e constituintes considerados eventuais ou aditivos, estes são incorporados em apenas alguns tipos de tintas, para conferir propriedades especiais. Os constituintes considerados básicos são:

- Veículos ou resinas: A resina além de ser o constituinte que mais caracteriza a tinta, é o constituinte ligante ou aglomerante das partículas de pigmentos e responsável pela formação da película e adesão ao substrato.
- Solventes: São compostos capazes de solubilizar as resinas e diminuir a viscosidade das tintas. Os solventes são, de modo geral, necessários às tintas para conferir viscosidade adequada para aplicação, porém tem como inconvenientes o custo adicional a perdas por evaporação; parte volátil da tinta, com conseqüente diminuição da espessura da película por evaporação após a secagem; pode provocar o aparecimento de poros e pontos fracos após a evaporação.
- Pigmentos: Os pigmentos são substâncias em geral pulverulentas adicionadas à tinta para dar cor, encorpar a película ou conferir propriedades anticorrosivas, podendo ser classificados de acordo com:
 - a) A natureza: em orgânicos e inorgânicos;
 - b) A finalidade: em tintoriais, cargas, anticorrosivos e especiais;
 - c) A ação: em ativos e inertes.

Weg (2009), lembra que, além de formar uma película que confira ao equipamento proteção corrosiva, não se deve esquecer que existem outras finalidades para uma pintura, com a importância em função do local ou da pessoa que a utiliza, como por exemplo:

- identificação de linhas de válvulas e fluídos;
- aumento da segurança industrial;
- impermeabilidade de recipientes;
- diminuição de rugosidade de tubulações;
- tornar o ambiente atraente ou decorativo;
- impedir aderência de vida marinha (*fouling*) no caso de embarcações.

2.7 CLASSIFICAÇÕES DAS TINTAS

Ainda segundo Nunes e Lobo (2007), as tintas podem ser classificadas em três grandes grupos:

- 1) TINTAS CONVENCIONAIS: dentro deste grupo são destacadas as seguintes tintas:

- tintas à óleo;
- tinta líquida sintética;
- tintas de resinas alquídicas betuminosas;
- tintas de resinas fenólicas modificadas com óleo;
- tintas betuminosas.

2) TINTAS SEMINOBRES: Caracterizam-se pela secagem por evaporação do solvente e são eventualmente denominadas de lacas. Dentro deste grupo podem ser destacadas as seguintes tintas:

- tintas acrílicas;
- tinta de borracha clorada;
- tintas vinílicas;
- tintas de estirenoacrilato;
- tintas nitrocelulose.

3) TINTAS NOBRES: dentro deste grupo destacam-se as seguintes:

- tintas epóxi;
- tinta poliuretano;
- tinta de silicone;
- tintas ricas em zinco.

2.8 APLICAÇÕES DE TINTAS

Após a superfície estar isenta de impurezas e, em condições de garantir boa aderência, pode-se proceder a aplicação da tinta. Conforme Gnecco, Mariano, Fernandes (2003), várias são as formas de aplicação, porém destacam-se entre os processos mais produtivos a aplicação por pistola e imersão, a seguir, algumas das formas de aplicação utilizadas:

- Aplicação por pistola convencional: na pintura por pulverização utilizando pistola convencional, a atomização é feita com auxílio de ar comprimido que entra na pistola por passagem distinta da tinta, e são misturados e expelidos pela capa de ar, formando um leque cujo tamanho e forma são controláveis. A aplicação pode ser por sucção (caneca), pressão (tanque)

e/ou gravidade. Dependendo do tipo de peça, essas perdas do processo podem chegar a 60%. (ABRACO, 2009);

- Aplicação com pistola sem ar ("air less"): ao contrário da pistola convencional, que utiliza ar para atomização da tinta, a pintura sem ar utiliza uma bomba, acionada pneumáticamente para pressurizar a tinta, e a energia com que a mesma chega ao bico da pistola provoca a pulverização. É o método que obtém melhor qualidade de pintura e, conseqüentemente, o maior desempenho do sistema de pintura, com perdas reduzidas na ordem de 15% desde que aplicada sobre superfícies de grande dimensional. Possui custo elevado de instalação. (GNECCO, MARIANO, FERNANDES, 2003);
- Aplicação com pistola eletrostática: consiste na aplicação de cargas elétricas na tinta e na superfície que se quer proteger, criando uma diferença de potencial da ordem de 10.000 volts e provocando-se uma atração da tinta pela superfície. É um método de aplicação muito utilizado, apresenta perdas na ordem de 25%. (GNECCO, MARIANO, FERNANDES, 2003);
- Imersão: pode ser dividida em imersão eletroforética e imersão simples. Na imersão eletroforética, a peça a ser pintada é mergulhada em um banho de tinta contida em um tanque, sendo que entre o tanque e a peça é estabelecida uma diferença de potencial em torno de 300 volts, com película uniforme, da ordem de 15 a 30 μ m. Como principal vantagem da pintura por imersão pode-se citar a minimização de perdas, no entanto, essa técnica pode gerar muitos problemas de escorrimento e "*pot life*". (ABRACO, 2009).

3 METODOLOGIA

O intuito deste trabalho é apresentar uma pesquisa aplicada, quantitativa, exploratória e descritiva, que será realizada na empresa IXON- Qualitec Indústria e Comércio LTDA da cidade de Santa Rosa, Rio Grande do Sul, na qual serão analisados os processos de preparação de superfície e de pintura disponíveis no mercado e as ferramentas, recursos e mão de obra necessária para a execução das simulações e testes práticos.

No desenvolvimento do projeto realizou-se primeiramente, uma pesquisa bibliográfica onde se buscaram informações sobre os diversos sistemas de preparação de superfície e pintura.

Na execução e desenvolvimento da pesquisa serão utilizados *softwares* de simulações computacionais, equipamentos de preparação de superfície e de pintura.

3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

Para realização do estudo levantou-se uma série de informações relacionadas à operação preparação de superfície com lavagem à quente por *Spray* e no processo de pintura poliuretana (PU).

Dentre as técnicas de proteção anticorrosivas existentes, a aplicação de revestimentos por pintura é, sem dúvida, uma das mais utilizadas e difundidas, principalmente na proteção do aço, o que não quer dizer que seja a melhor ou a mais eficiente. Apesar de a pintura ser uma técnica bastante antiga, o grande avanço tecnológico neste setor só ocorreu no século XX. Neste período foram desenvolvidos quase todos os polímeros (resinas) utilizados para a fabricação de tintas.

Ainda em relação ao avanço tecnológico, é importante destacar que as leis de proteção ao meio ambiente e à saúde dos trabalhadores têm, em nível mundial, contribuído para que as indústrias de tintas procurem desenvolver produtos com baixo índice de toxidez, o que incentivou comercialmente o desenvolvimento de tintas “ecologicamente corretas”, substituindo principalmente os pigmentos à base de chumbo e de cromo. (ABRACO, 2009).

O que se procurou fazer na prática é selecionar a técnica mais adequada de proteção baseada em revisão bibliográfica, visitas a empresas, simulações e

análises de viabilidade em função das condições de exposição e trabalho dos equipamentos.

Como técnica de proteção anticorrosiva, a pintura possui uma série de características importantes, tais como: facilidade de aplicação e de manutenção, relação custo x benefício atraente, e ainda, poder proporcionar propriedades adicionais como finalidade estética, sinalização de equipamentos, identificação de fluídos e tubulações, auxílio na segurança industrial, impermeabilização, permitir menor ou maior absorção de calor.

3.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

A pesquisa foi realizada com alguns materiais e equipamentos:

- Medidor de camada úmida;
- Medidor de camada seca para materiais ferrosos;
- Películas de aferição;
- Copo Ford nº4;
- Equipamento para ensaio de névoa salina;
- Teste de aderência com estilete de lâmina grossa e fita 3M E810;
- Ensaio visual para detectar imperfeições na superfície pintada da peça.

Tipos de imperfeições mais comuns:

- ✓ Escorrimento;
- ✓ Empolamento;
- ✓ Pintura queimada;
- ✓ Porosidades;
- ✓ Trincas e outras discontinuidades;
- ✓ Sujeira impregnada na peça.

3.3 DESCRIÇÕES DA AMOSTRA

As conclusões foram tomadas baseadas nas seguintes amostragens:

- Coletas diárias de 04 amostras de camadas úmidas executadas pelos próprios pintores no momento da pintura;
- Medições diárias de 10 itens para conferência da camada seca;

- Testes de aderência com 01 item quinzenalmente;
- Executado ensaio de névoa salina em 02 amostras para comprovação do resultado;
- Inspeções visuais a cada lote de peça pintada.

As Inspeções foram realizadas por etapas, desde a preparação da superfície, preparação das tintas, aplicação das tintas a cada demão e após a cura da tinta.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

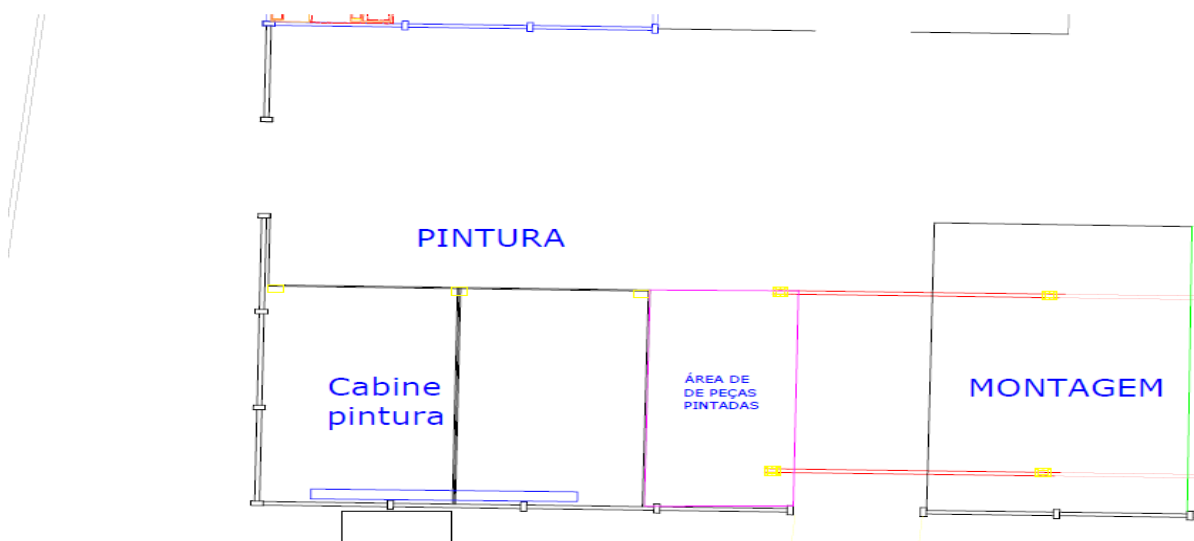
O presente trabalho realizou-se no departamento de pintura (GPIN), área onde temos os processos produtivos de preparação de superfície e pintura.

O propósito do estudo é determinar variáveis do processo de preparação de superfície e pintura analisadas, realizar experimentos comparativos e simulações laboratoriais de acordo com alguns parâmetros estipulados, a fim de analisar como a utilização de um diferente plano de pintura altera a qualidade da pintura em função da exposição do equipamento da atmosfera e do tempo de processamento do mesmo.

4.1 DESCRIÇÕES DO PROCESSO ANTERIOR

Em função da implantação de produtos próprios, os quais o mercado já exigia um padrão de pintura elevado e da necessidade em aumentar a capacidade produtiva, optou-se por rever todo o processo de preparação de superfície e de acabamento, a fim de atender às exigências de qualidade e a demanda da produção conforme Figura 4.

Figura 4: *Layout antigo*



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.1 A qualidade no processo anterior

Para análise do processo anterior foram coletadas várias informações referentes ao plano de pintura utilizado, como a forma na qual eram preparadas as peças e as tintas utilizadas para o acabamento.

O plano de pintura empregado utilizava acabamento manual St2 (limpeza manual) ou St3 (limpeza mecanizada) seguido de limpeza com solvente e decapante 3x1 (decapante, desengraxante e fosfatizantes) aplicados manualmente com o auxílio de uma estopa ou esponja e, após, a peça era encaminhada para pintura líquida que ocorria em duas etapas, a fim de garantir uma camada final de 50 a 80 μm :

- Aplicação de primer sintético, 20 a 30 μm ;
- Aplicação de pintura de acabamento esmalte sintética ou poliuretana, 30 a 50 μm .

Este plano, por sinal, garantia apenas uma resistência a *Salt spray* de 240 horas e resistência à umidade e ao intemperismo de 280 horas, abaixo da expectativa do mercado.

Além do plano de pintura atual não estar de acordo com as necessidades do mercado, necessitava-se reduzir os níveis de retrabalho de pintura, onde os principais problemas enfrentados eram:

- branqueamento: causado, muitas vezes, pela resina inadequada para a finalidade;
- descascamento: provocado pelo manuseio das peças ainda úmidas, superfície mal preparada, rugosidade inadequada, inobservância entre os intervalos de pintura;
- oxidação prematura: Insuficiência de espessura seca final, Contaminação;
- oxidação em soldas intermitentes: Locais onde utilizam solda intermitente nas peças que vão receber pintura ocorriam formação de oxidação do perfil e escorrimento o óxido laranja sobre a pintura. Conforme mostra a figura 5.

Figura 5: Óxido laranja sobre a pintura



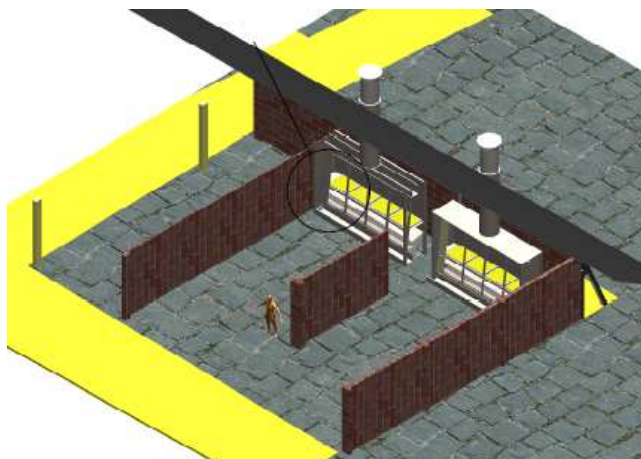
Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.2 Capacidade produtiva abaixo da necessidade

A necessidade em aumentar a capacidade de produção era um fator determinante para a reestruturação do processo de pintura, em função das centrais de concreto e usinas de asfalto, os itens processados aumentaram de porte dificultando consideravelmente o manuseio das peças dentro do setor e comprometendo a qualidade da pintura. Os principais motivos que prejudicavam o desempenho:

- A cabine de pintura utilizada não fornecia capacidade suficiente para atender a demanda de produção, conforme Figuras 6, 7 e 8.

Figura 6: Projeto cabine de pintura



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 7: Cabine de pintura



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 8: Cabine de pintura



Fonte: Elaborado pelo autor.

- O processo de pintura era realizado através de tanques de pressão com capacidade de 7 litros (Figura 9) de tinta preparada e pistolas convencionais, necessitando a preparação da tinta com bastante frequência e tornando assim o processo muito lento.

Figura 9: Tanque de pressão com pistola convencional



Fonte: Devilbiss, 2012.

4.1.3 Questões ambientais

Em função do aumento considerável dos itens pintados, o sistema de exaustão de partículas em suspensão tornou-se precário e era insuficiente para a inibição de odor interno e filtragem do ar. A geração de resíduos era bastante considerável, principalmente, devido ao elevado consumo de solvente de limpeza, borra de tinta, e água utilizada para filtragem. Conforme Figura 10 abaixo, a qual mostra o telhado da empresa pintado evidenciando o acúmulo de resíduo devido à ineficiência do sistema de exaustão.

Este evento gerou uma notificação da FEPAN exigindo um relatório de monitoramento de emissões gasosas, para quantificar as emissões de compostos orgânicos voláteis totais e particulados presentes nos efluentes gasosos emitidos no processo de cabines de pintura comprometendo a Licença de operação (LI) da empresa.

Figura 10: Telhado da empresa na área de pintura



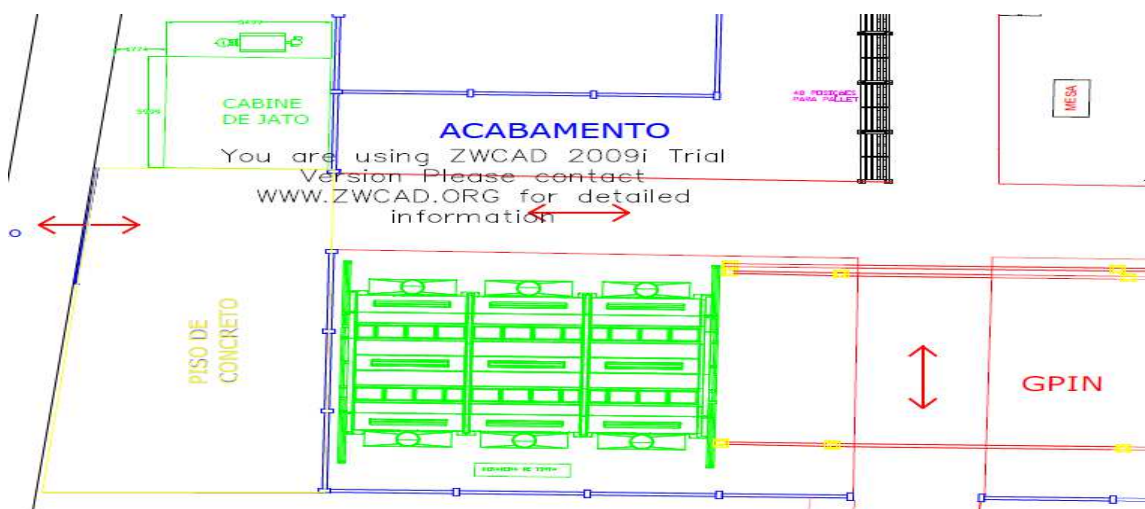
Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2 A IMPLANTAÇÃO DO NOVO PROCESSO

Depois de constatada a necessidade em readequar o processo de preparação e pintura, criou-se um grupo de estudos que avaliou a situação atual e buscaram no mercado novas propostas de ampliações e modernizações do processo de pintura, conforme simulação da Figura 11.

Este grupo mantinha reuniões quinzenais realizadas para a análise de andamento das melhorias a serem implantadas.

Figura 11: Simulação em CAD



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.1 Alterações no processo de preparação de superfície

Realizadas visitas a empresas que utilizam os mais diversos processos de preparação de superfície e realizados comparativos custo x benefício chegou-se a decisão de substituir o atual sistema de preparação de superfície por uma cabine de lavagem por *spray* à quente. Este processo, por trabalhar temperaturas entre 60°C e 80°C facilita bastante a remoção de oleosidades e conseqüente tempo de execução do processo.

Por conter fosfato de ferro diluído a uma proporção de 10%, oferece uma proteção superficial bastante superior ao processo de desengraxe manual utilizado anteriormente, onde se agregou cerca de 50% de proteção à névoa salina sobre o processo anterior, passando para cerca de 340 horas. A Figura 12 ilustra o projeto da cabine de lavagem.

Figura 12: Projeto cabine de lavagem



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.2 Alteração da tinta utilizada

Após consulta a alguns fornecedores de tintas e realização de testes, a tinta primer-acabamento, dois componentes poliuretana mostraram o melhor custo x benefício a qual apresenta excelente resistência à radiação UVA/UVB e ao

intemperismo, associando as características de retenção de brilho e cor à resistência química e física do poliuretano. Acabamento, especialmente, desenvolvido para fins de decoração e proteção na pintura original de ônibus e carrocerias de caminhões, sendo também utilizado nos Segmentos de Indústria Geral e Manutenção Industrial. Além de reduzir consideravelmente o tempo de aplicação, pois elimina a necessidade de aplicar primer, conforme Figura 13.

Figura 13: Processo de pintura atual



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.3 Atualização dos equipamentos de pintura

Consulta de fornecedores e testes com equipamentos de pintura diversos que levou o grupo a decidir pela instalação de uma máquina dosadora de tinta (Figura 14) capaz de dosar 04 cores diferentes em um curto espaço de tempo, reduzindo consideravelmente o tempo de SETUP e o consumo de solvente de limpeza. Aquisição de 02 (duas) pistolas eletrostáticas (Figura 15) a serem instaladas na máquina dosadora, a fim de reduzir desperdícios de tinta ao pintar peças de tamanho reduzido e ou vigas e patamares de tela.

Figura 14: Máquina dosadora de tinta



Fonte: Elaborado pelo autor, 2013.

Figura 15: Pistola eletrostática



Fonte: Devilbiss, 2013.

4.2.4 Criação de procedimentos

Criado procedimentos para proteção de furos e rasgos conhecido como “*strip coat*”, especificando que necessitam serem pintados internamente e, ao redor, com pincel de seda, para garantir cobertura, evitar perda de tinta e “*over spray*” (sobre cobertura), o mesmo se aplica em cantos e locais de difícil aplicação. Exemplo deste procedimento pode ser visto nas Figuras 15 e 16.

Figura 16: Proteção de rasgos e furos Figura 17: Proteção de rasgos e furos



Fonte: Elaborado pelo autor.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para os locais onde é utilizada a solda intermitente nas peças que vão receber pintura, deverá ser aplicado nos espaços entre cordões vedante flexível a base de poliuretano, conforme Figura 18.

Figura 18: Aplicação de adesivo selante



Fonte: Elaborado pelo autor.

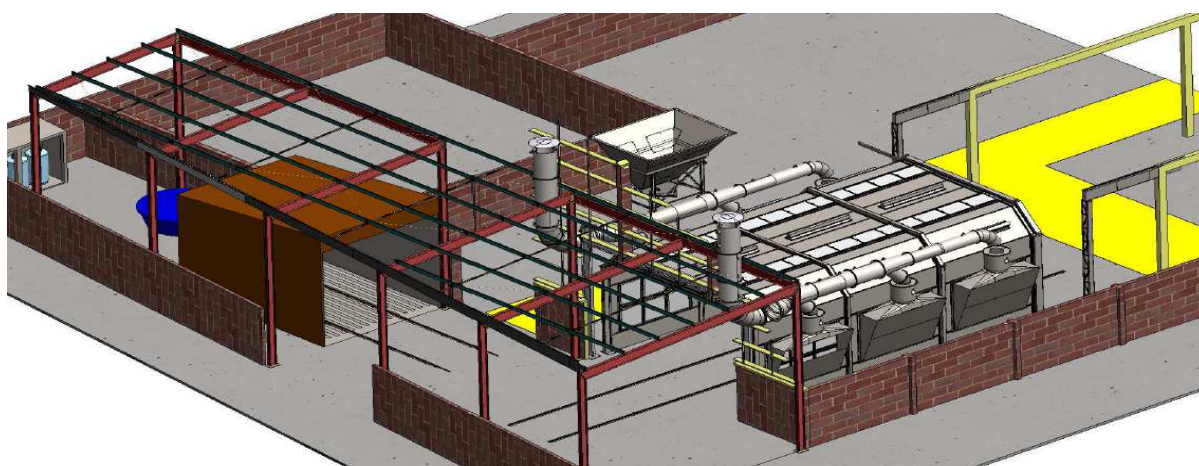
Neste mesmo contexto, criou-se o PQ 18 (Procedimento de pintura) vinculado à qualidade com orientações sobre o preparo da superfície, preparação das tintas e execução da pintura, além das EP (especificações de pintura) contendo informações de camada úmida, camada seca e cor, conforme anexo 1.

4.2.5 Alterações estruturais

Conforme demonstrado na Figura 19, para auxiliar o tempo de troca de peças da cabine e facilitar o manuseio realizaram-se alterações estruturais, tais como:

- Alteração da posição da cabine de pintura;
- Abertura de portas em ambos os lados;
- Construção de piso na área externa auxiliando na movimentação;
- Ampliação do caminho da ponte rolante até a frente da cabine de pintura;
- Instalação de trilhos no piso da cabine para auxiliar no posicionamento dos carros de movimentação e pintura;
- Readequação do *layout* em frente à cabine para posicionamento dos carros com peças pintadas.

Figura 19: Alterações estruturais



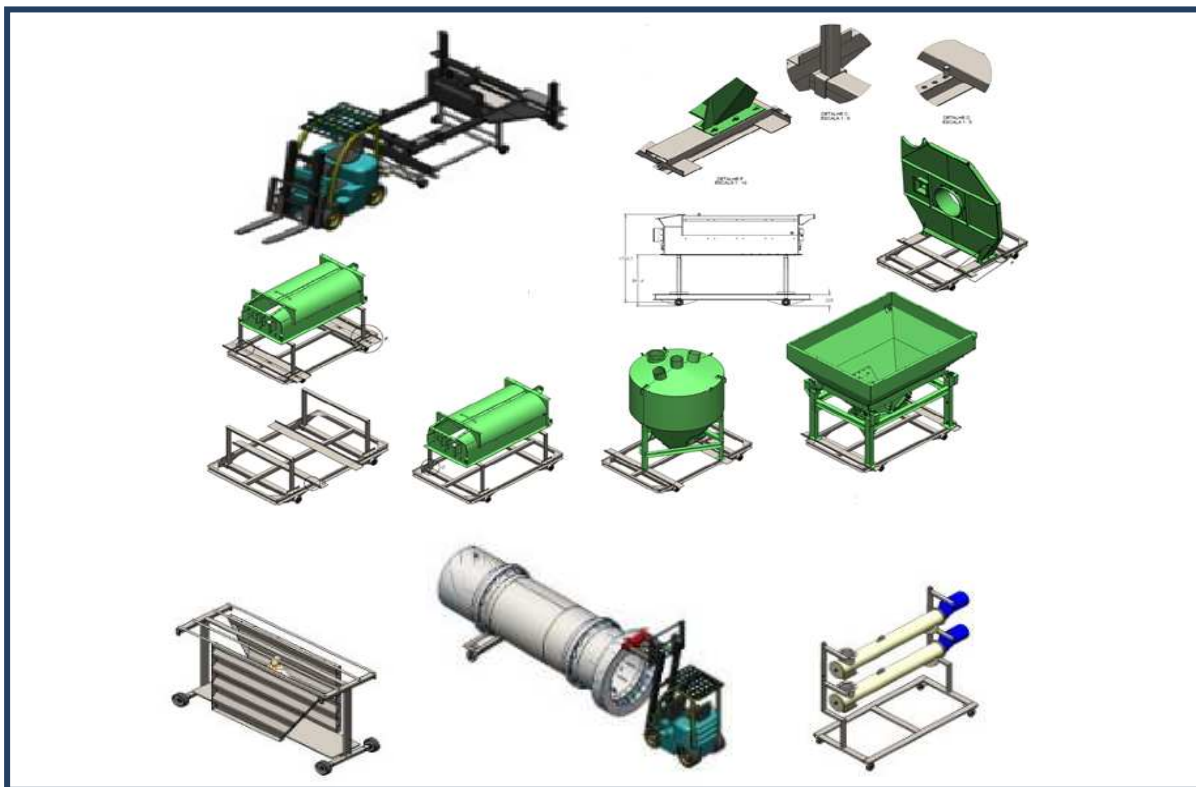
Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.6 Dispositivos auxiliares

Ao analisar a dificuldade de movimentação existente devido à dimensional das peças e a demanda, o grupo de estudos também criou dispositivos que

auxiliassem na movimentação, agilizando o abastecimento da cabine (Figura 20).

Figura 20: Dispositivos de movimentação



Fonte: Elaborado pelo autor.

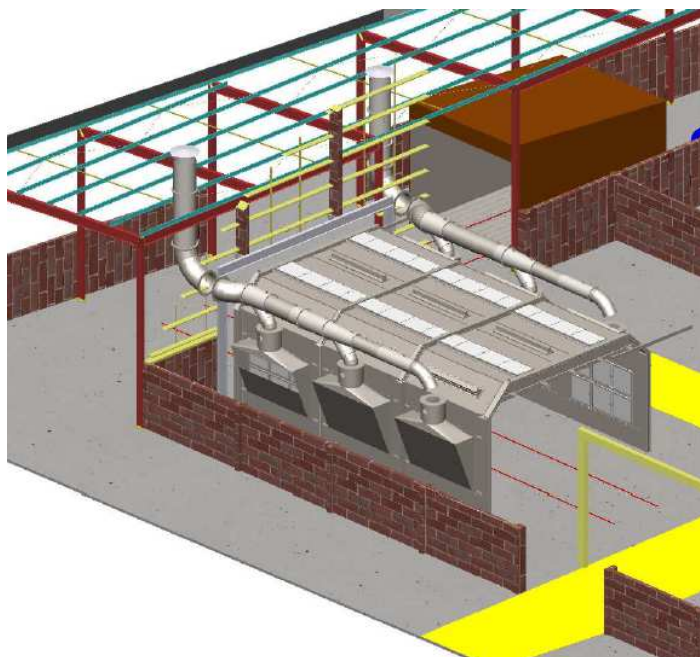
4.2.7 Implantação de nova cabine de pintura

Realizou-se estudo de propostas da nova cabine, onde havia três propostas:

- Aquisição de uma cabine de pintura líquida via seca;
- Aquisição de uma cabine de pintura via úmida;
- Estudo, projeto e fabricação de uma cabine internamente;

Após análises do grupo de estudos, optou-se pelo projeto e produção internamente, conforme figura 21.

Figura 21: Cabine de pintura em fase de projeto



Fonte: Elaborado pelo autor.

A seguir, algumas evidências durante a fabricação da cabine, conforme figuras 23, 24 e 25.

Figura 22: Início da montagem.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 23: Montagem da cabine pintura.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Cabine com alta capacidade de exaustão de partículas sólidas com filtro seco em fase de conclusão.

Figura 24: Finalização da montagem.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3 RESULTADOS ENCONTRADOS

Depois de analisadas as técnicas de proteção, realizado testes e tomadas às devidas ações com finalidade de obter uma relação custo x benefício atraente e ainda poder proporcionar propriedades adicionais como finalidade estética, a fim de atrair potenciais clientes, segue resultado obtido:

4.3.1 Melhorias na resistência às condições climáticas

Aumento da capacidade de proteção do plano de pintura, onde as amostras foram ensaiadas e avaliadas a exposição de névoa salina em laboratório por 504 horas em exposição à névoa salina. Após este procedimento, verificou-se a aderência da película na região próxima à incisão, segundo a norma ASTM D1654: 2008. As Figuras 26 e 27 apresentam o registro fotográfico após a realização do deslocamento para verificação da migração subcutânea.

Figura 25: Análise salt spray.



Fonte: UCS Serviços Tecnológicos, 2013.

Figura 26: Análise salt spray.



Fonte: UCS Serviços Tecnológicos, 2013.

Após os procedimentos para verificação da migração subcutânea, consideraram-se dez medidas ao longo da incisão. Estas medidas foram realizadas a partir da incisão até a região onde o revestimento perdeu a aderência (um lado da raspagem) e perpendicular à incisão. Os valores máximo e mínimo encontrados e a média dos valores medidos estão a seguir apresentados:

- Média do deslocamento: 1,74 mm
- Valor máximo encontrado: 2,69 mm

- Valor mínimo encontrado: 0,00 mm
- Incerteza Expandida: 0,6388 mm k= 2,32

A incerteza expandida de medição relatada é baseada em uma incerteza padronizada combinada multiplicada por um fator de abrangência “k”, para um nível de confiança de aproximadamente 95%.

4.3.2 Redução no consumo de tinta

O aprimoramento do processo de pintura devido à instalação das pistolas eletrostáticas juntamente com a máquina dosadora conforme Tabela 1, com uma redução em torno de 56%.

Tabela 1: Comparativo entre pistolas de pintura.

ITEM	VALOR/ LITRO	CONSUMO CONV.	CONVENCIONAL	CONSUMO ELET.	ELETROSTATICO
TINTA	R\$ 35,69	2,702	R\$ 96,43	1,465	R\$ 52,29
CATALISADOR	R\$ 78,60	0,374	R\$ 29,40	0,242	R\$ 19,02
DILUENTE	R\$ 13,76	0,738	R\$ 10,16	0,40968	R\$ 5,64
			R\$ 135,99		R\$ 76,94

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3.3 Aumento da capacidade produtiva e atendimento a normas ambientais

Nova cabine de pintura (figura 28) que proporcionou um aumento na capacidade produtiva da ordem de 60% sobre o faturamento inicial de R\$2,2 milhões, além da manutenção da licença de operação junto à FEPAN, atendendo as regras de emissões de compostos voláteis na atmosfera.

Figura 27: Nova cabine de pintura



Fonte: Elaborado pelo autor.

5 CONCLUSÕES

Inicialmente destaca-se que, após todas as pesquisas realizadas foi possível atingir o objetivo geral do presente trabalho de conclusão de curso que foi “Implantar um processo de preparação de superfície e pintura poliuretana líquida em uma empresa de médio porte”, conforme apresentado no capítulo 4 do presente TFC.

Além disso, convém ressaltar que o primeiro objetivo específico que foi “Fundamentar conceitualmente corrosão, preparação de superfície e os tipos de processos de pintura” foi atingido de acordo com o capítulo 2 da presente pesquisa.

Também se observa que o segundo objetivo específico que foi “Analisar o processo de preparação de superfície e pintura atual da empresa pesquisada” atingiu-se conforme subitem 4.1 do presente estudo.

Já o terceiro objetivo específico, que foi “Definir um processo de pintura mais adequado para a empresa pesquisada conforme o objetivo de pesquisa” alcançou-se, de acordo ao subitem 4.2 do presente TFC.

E ainda, o quarto objetivo específico, que foi “Implantar o processo proposto” contemplou-se conforme subitem 4.2 e 4.3 da presente pesquisa.

Importante ressaltar ainda outras considerações relacionadas ao TFC desenvolvido, que são:

- Melhoria significativa na resistência às condições climáticas do novo plano de pintura;
- Redução no consumo de tinta e consumíveis do processo;
- Otimização na operacionalização proporcionada pelo novo *Layout*;
- Redução considerável no tempo de processamento dos equipamentos durante a pintura.

Por fim, destaca-se que através do presente TFC foi possível apresentar inúmeros benefícios para a empresa e mais especificamente para o setor de pintura considerando, como por exemplo: organização do setor, melhorias ergonômicas ao manusear as peças e a motivação dos colaboradores. Também se ressalta a importância do desenvolvimento do TFC para o acadêmico, uma vez que permitiu ao mesmo colocar em prática, em uma situação real, assuntos estudados ao longo do curso de Engenharia de Produção. Este trabalho mostrou grandes resultados, porém

deixa possibilidades para novos pesquisadores aprofundarem mais os capítulos específicos ao trabalho como um todo para contribuição do tema trabalhado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRACO, Associação Brasileira de Corrosão, MODULO I, **Qualificação para inspetor de pintura industrial**, 2009.

ABRACO, Associação Brasileira de Corrosão, MODULO III, **Preparo de superfície**, 2009.

CASTRO, E.,P.;SILLOS,R.,M. **Manual técnico**: Tratamento de superfícies. SURTEC- São Bernardo do Campo, 2012.

Disponível em: <http://www.devilbiss.com.br/vector.html>

Ett, B.; Ett, G.; Ett, V. **Pré-tratamento mecânico**: Curso de tratamento de superfície- ABTS. São Paulo, 2010.

FRAGATA, F, L. **A pintura como técnica de proteção anticorrosiva**. MODULO II, ABRACO, Associação Brasileira de Corrosão 2009

GNECCO, C.; MARIANO, R.; FERNANDES, F. **Tratamento de superfície e pintura**. Instituto brasileiro de siderurgia centro brasileiro da construção EM AÇORIO DE JANEIRO, 2003.

NUNES, L.P.; LOBO, A. C. O. **Pintura industrial na proteção anticorrosiva**. Rio de Janeiro, 2007.

SHERWIN-WILLIAMS. **Manual de preparação de superfícies para pintura**. Sumaré – SP, 2011.

SILVA, L.F. J. **Utilização dos métodos KLT para pinturas industriais**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 2012.

WEG TINTAS. **Pintura industrial com tintas líquidas - DT12**. Guaramirim- SC, 2009

UCS Serviços Tecnológicos | Universidade de Caxias do Sul.



ESPECIFICAÇÃO DE PINTURA

EP. Nº	019
REV.	01
DATA	27/09/11

1) PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE:

- Lixar com lixa rotativa / manual / ou com lixadeira com disco de lixa;
- Retirar todos os respingos de solda; e aplicar desengraxante;
- Verificar se a superfície da peça está limpa, livre de graxas e óleos;
- Aplicar decapante cód. 83034 com estopa ou esponja;
- Aguardar secagem total de no mínimo: 30 minutos;
- Passar ar comprimido p/ retirada do excesso de decapante e/ou resíduos;

2) PREPARAÇÃO DE PINTURA:

- Verificar a validade da tinta;
- Verificar a especificação da tinta;
- Diluir tinta na proporção indicada pelo fabricante (15 a 20% do diluente), se necessário usar copo ford nº 4;
- Viscosidade: 25 à 35 segundos – 25°C (ajustado conforme temperatura ambiente);
- Vida útil da mistura (pot-life): 1 hora para viscosidade inicial de 30seg CF4 25°C;

3) PLANO DE PINTURA:

Tinta	Cor	Nº de demãos	Intervalo entre demãos (h)	Espessura filme seco(µ)	Tipo	Código Dédalus	Espessura total filme úmido(µ)
Fundo/Acabamento	Branco 7700	01	50 – 80µm	PU	080.00655	133 – 177 µm

4) APLICAÇÃO:

- Pintura cruzada com pistola eletrostática bico BGE-97, manter o bico da pistola de 15 a 20 cm (Orientativo) da peça;
- Fazer ajustes de leque, ar e fluido para atender os requisitos da tarefa;
- Pressão de aplicação: saída da pistola 40-60 lbf/pol²; tanque de pressão(convencional) 5-15 lbf/pol²
- Iniciar processo de pintura nos pontos onde há soldas, cantos e após nas áreas planas
- Realizar inspeção visual: procurar se há escorrimento, bolhas, descascamento, cor de acordo com o especificado;
- Quando necessário aplicação c/ mais de uma demão, observar intervalo recomendado pelo fabricante, após quebrar brilho c/ lixa d'água (200);
- Aguardar secagem da tinta de acordo com a recomendação do fabricante;
- Cura ao ar: toque 30-60min, manuseio 1-3 horas, completa 5-8 horas

5) RETOQUES:

- Pintura com secagem resistente ao toque;
- Lixar superfície com lixa específica para determinado retoque;
- Utilizar mesmo tipo de tinta usado na pintura original;
- Retocar com pistola, pincel ou rolo; e blender de retoque;

Elaborado

Odair Storck
Supervisor operacional

Aprovado

Sidnei Tomasi
Diretor Industrial

ANEXO A – ESPECIFICAÇÃO DE PINTURA