



UTILIZAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS NA ÁREA DE PINTURA INDUSTRIAL PARA O ENSINO DE ENGENHARIA

André Lopes Marinho – andre.lopesmarinho@gmail.com
Universidade Federal de Pernambuco
Av. da Arquitetura, s/n - Cidade Universitária,
50740-550 – Recife – Pernambuco

Magda Rosângela Santos Vieira – magrsv@hotmail.com
Universidade Federal de Pernambuco

Severino Leopoldino Urtiga Filho – urtiga@ufpe.br
Universidade Federal de Pernambuco

Resumo: *O presente trabalho teve como objetivo avaliar a importância da utilização de Normas Técnicas relacionadas ao projeto de Pintura Industrial, como uma proposta de intervenção pedagógica para alunos dos cursos de engenharia mecânica e engenharia de materiais, da Universidade Federal de Pernambuco, na disciplina de Pintura Industrial. Para isso, foram propostos seis equipamentos e estruturas distintos, utilizados no setor industrial, especificamente, na indústria de petróleo, para que os estudantes, a partir das normas técnicas públicas disponibilizadas pela Petrobras, pudessem desenvolver um projeto de pintura industrial, visando contextualizar o assunto teórico que foi visto durante a disciplina, com situações as quais os estudantes podem se deparar na sua vida profissional. Após a apresentação dos projetos, foi apresentado um questionário baseado na Escala Likert, visando identificar o interesse dos estudantes pela temática e a importância da utilização das normas técnicas para a contextualização do assunto de pintura. Os resultados revelaram que a elaboração do projeto de pintura em conformidade com as normas técnicas promoveu a construção do conhecimento e dinamizou o ensino-aprendizagem do aluno, por aproximá-lo da realidade profissional de um engenheiro.*

Palavras-chave: *pintura industrial; corrosão; normas técnicas; contextualização; ensino de engenharia.*



1 INTRODUÇÃO

A corrosão é um processo de degradação de materiais, geralmente metálicos, que atinge diversos segmentos do setor industrial, sendo de grande destaque os seus efeitos na indústria de petróleo e gás, na qual constantemente são atribuídas, aos ataques corrosivos, perdas econômicas diretas como o custo da substituição de peças e equipamentos (tanques, tubulações, trocadores de calor e estruturas metálicas diversas), bem como perdas indiretas associadas a acidentes ambientais e perdas humanas (AHMAD, 2006; GENTIL, 2011).

Outros segmentos também são atingidos por esse processo, dos quais podem ser destacados: as indústrias naval e portuária; de tanques de combustíveis usados na aviação; sistemas de distribuição e armazenamento de água potável; atividades nas usinas geradoras termelétricas; hidroelétricas; nucleares; atividades na indústria química e de processo; indústria de alimentos; indústria de papel; nas destilarias de álcool; em indústria siderúrgica, dentre outras (GENTIL, 2011; JAMBO & FÓFANO, 2008).

Diversos métodos e técnicas protetivas contra a corrosão, já existentes, ou em desenvolvimento, são foco de interesse tanto em pesquisas acadêmicas, quanto em suas aplicações industriais, visto que o controle e mitigação do processo corrosivo estão diretamente atrelados à redução de custos e segurança operacional e ambiental. Dentre os métodos para a proteção contra a corrosão, a pintura industrial é um dos mais difundidos, devido à sua versatilidade, preço, método de aplicação, além de ser conseguir mudanças estéticas e estruturais no material, através de aditivos (MUNGER, 1999; NUNES, 2014).

Diante da grande importância do fenômeno corrosão nos cenários industrial, econômico, social e ambiental, é de grande relevância que profissionais já formados ou em formação na área de engenharia tenham conhecimento desse tema, visando identificar e/ou combater esse processo através de corretas intervenções.

Nos cursos de Engenharias Mecânica e de Materiais da Universidade Federal de Pernambuco, é ofertada a disciplina Pintura Industrial (carga horária 30h), de caráter eletivo. Na disciplina, são trabalhados conteúdos relativos ao conceito de corrosão e principalmente, métodos de controle e proteção, com destaque para a pintura propriamente dita. Nesse contexto, os estudantes têm a possibilidade de conhecer a composição de uma tinta, os mecanismos de proteção anticorrosiva, os métodos de aplicação, tratamento/preparo de superfície, controle de qualidade ao longo do processo, além da utilização de normas técnicas de uma tinta e a importância de controle ao longo de todo o processo.

O processo de pintura industrial é constituído por várias etapas (tratamento de superfície, limpeza, definição das tintas, entre outros), que devem ser seguidos corretamente para evitar danos pela falta de proteção. Nesse sentido, um projeto de pintura adequado deve seguir normas técnicas que forneçam as informações necessárias considerando cada tipo situação e equipamento estudados (NUNES, 2014). A Petrobras, que atua principalmente no segmento de produção, refino e comercialização de petróleo e seus derivados, fornece em seu site (http://sites.petrobras.com.br/CanalFornecedor/portugues/requisitocontratacao/requisito_normastecnicas.asp) normas e especificações técnicas públicas, dentre elas, diretrizes específicas para projetos de pintura industrial. Esse tipo de recurso, disponibilizado de forma gratuita, de fácil acesso e de amplo conteúdo técnico pode se revelar como uma ferramenta importante e motivadora para o ensino de engenharia voltado à área de projetos de equipamentos e métodos protetivos contra a corrosão, visto que permitirá uma melhor contextualização do conteúdo e aproximação com a futura vivência profissional dos estudantes de engenharia em formação.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a utilização de normas técnicas relacionadas ao processo de pintura industrial, como uma proposta de intervenção pedagógica aplicada a uma turma de estudantes de engenharia mecânica e de materiais da UFPE, como



parte integrante da disciplina Pintura Industrial, visando à elaboração de projetos de pintura para equipamentos industriais diversos, em conformidade com as normas técnicas da Petrobras.

2 METODOLOGIA

2.1 Escopo da intervenção pedagógica

A atividade foi realizada ao longo do desenvolvimento da disciplina Pintura Industrial, de caráter eletivo e com carga horária de 30h, que foi ofertada no segundo semestre de 2016, pelo Departamento de Engenharia Mecânica da UFPE para os cursos engenharia mecânica e engenharia de materiais, contando com a participação de 30 estudantes.

Os estudantes foram divididos em 06 (seis) grupos, sendo cada grupo responsável por elaborar um projeto de pintura para equipamentos da indústria petróleo e gás, com base em normas técnicas pré-estabelecidas e disponibilizadas gratuitamente pela empresa Petrobras. Posteriormente, cada equipe deveria apresentar o projeto de pintura especificado para o restante da turma, com o objetivo de integrar os diferentes conhecimentos adquiridos para cada tipo de projeto distinto. A atividade foi acompanhada pelo professor/orientador da disciplina, que disponibilizou material para consulta técnica. Ressalta-se que a atividade proposta ocorreu no final do semestre da disciplina, possibilitando que conhecimentos construídos ao longo do semestre, pudessem ser aplicados pelo estudante na especificação do projeto de pintura.

2.2 Seleção das Temáticas

Para o desenvolvimento da intervenção pedagógica propostas foram selecionados 06 (seis) diferentes equipamentos de utilização na indústria de petróleo, associados a normas técnicas específicas fornecidas pela Petrobras. No Quadro 1, são apresentados as descrições de cada tema selecionado e a norma correspondente.

Quadro 1 – Temáticas selecionadas e normas da Petrobras associadas

Descrição da Temática	Norma Técnica da Petrobras Associada
Revestimento interno de tubos	N-2843
Revestimentos Anticorrosivos para Tanque, Esfera e Cilindro de Armazenamento	N-2913
Revestimentos Anticorrosivos para Manutenção de Unidades Marítimas de Exploração e de Produção	N-1374
Revestimento Externo de Tubulação em Instalações Terrestres	N-0442
Pintura de Equipamentos Submersos em Água do Mar	N-2037
Pintura de Aço Galvanizado, Aço Inoxidável, Ferro Fundido, Ligas não Ferrosas, Materiais Compósitos Poliméricos e Termoplásticos	N-1021



2.3 Roteiro para Elaboração do projeto de Pintura

Antes da elaboração dos projetos de pintura, os estudantes receberam uma explicação pelo professor de como proceder na utilizar normas técnicas. Foi ressaltada a importância da leitura por completo das normas, a necessidade de ler as normas associadas e indicadas ao longo da norma original, e que ao longo de um projeto de pintura, todas as ações previstas no projeto devem ser referenciadas.

Duas normas da Petrobras foram debatidas em sala de aula, por serem essenciais e citadas em qualquer um dos projetos definidos:

- N-9 (Revisão G 09/2013) – Tratamento de Superfícies de aço com jato abrasivo e hidrojateamento;
- N-13 (Revisão L 03/2016) – Requisitos técnicos para serviços de pintura.

Posteriormente, o professor orientador listou e apresentou os tópicos que deveriam constar no projeto de pintura, conforme descrição apresentada no Quadro 2.

2.4 Elaboração e aplicação do questionário avaliativo

Após as apresentações, foi proposto que os alunos respondessem um questionário a respeito da atividade executada, a fim de avaliar a aceitação e satisfação em relação à intervenção pedagógica realizada em sala de aula através do uso de normas técnicas aplicadas ao desenvolvimento de um projeto de pintura industrial aplicado a equipamentos e estruturas metálicas industriais. O questionário foi realizado de forma anônima.

O questionário formulado foi baseado na escala Likert, no qual foram propostas as categorias: concordo plenamente (CP), concordo parcialmente (CPa), indiferente (I), discordo parcialmente (DPa) e discordo plenamente (DP). (BRANDALISE, 2006) O questionário que foi elaborado e utilizado nessa pesquisa é apresentado no Quadro 3.

Quadro 2 – Estrutura do Projeto de Pintura Industrial

Tópico	Descrição
Nome do Projeto de Pintura	Indicar o nome da estrutura do equipamento que será proposto no projeto de pintura.
Descrição do Problema	Relatar a situação e particularidade do projeto; indicar o problema a ser resolvido com o projeto proposto.
Normas Associadas	Listar todas as normas técnicas que serão utilizadas e citadas no projeto de pintura.
Especificação da condição	Delimitar as condições específicas do projeto, conforme as normas.
Especificação do Esquema de Pintura	Definir de acordo com as normas as especificações de tratamento de superfície; definição das tintas; espessura; número de demãos; método de aplicação.
Condições Físicas de Aplicação	Indicar as condições limites para aplicação da pintura, considerando: umidade, temperatura ambiente, ponto de orvalho, temperatura do substrato.
Ensaio	Espessura, aderência e descontinuidade.



Com base nos temas e estrutura do projeto definidos pelo professor/orientador, (respectivamente Quadros 1 e 2), bem como pela utilização das normas técnicas disponibilizadas para a turma, os grupos puderam elaborar o projeto de pintura num formato de relatório e de uma apresentação de 20 minutos para todos os integrantes da disciplina.

Além da parte objetiva, havia dois campos de caráter subjetivo. No primeiro campo, foram solicitadas sugestões para o melhoramento da atividade com a proposição **“Liste sugestões de como a prática pedagógica proposta poderia ser aprimorada.”**; no segundo, solicitaram-se sugestões de outros equipamentos a serem analisados em uma atividade de projeto de pintura com o uso de normas técnicas, com a proposição **“Além dos equipamentos propostos, que outros itens você sugere que sejam analisados através de elaboração de projeto de pintura por normas técnicas?”**.

Quadro 3: Proposições do Questionário

Proposições	CP	CPa	I	DPa	DP
I. A proposta de utilização de normas técnicas ao ensino de métodos de proteção anticorrosiva por pintura foi tratada de forma contextualizada, abordando possíveis áreas de atuação de um engenheiro mecânico e de materiais.					
II. Foi possível integrar conhecimentos prévios adquiridos em outras disciplinas (materiais de construção mecânica, tubulações, fluidos, projetos mecânicos, corrosão etc.) para a realização da atividade proposta.					
III. A elaboração de um projeto técnico de pintura industrial, com base em normas técnicas, possibilitou uma vivência mais próxima à realidade de atuação profissional.					
IV. A interação em grupo, para a construção do projeto de pintura foi importante para a tomada de decisões do projeto de pintura mais adequado.					
V. A apresentação e discussão em sala dos diferentes projetos de pintura industrial, elaborados pelas equipes foram importantes para a compreensão dos fatores que influenciam na definição de um projeto de pintura.					
VI. A atividade proposta contribuiu para consolidar o conhecimento sobre tratamento de superfície e pintura industrial visto, previamente, em sala de aula.					
VII. A associação de conceitos teóricos e normas técnicas mostrou-se uma ferramenta de ensino viável para construção do conhecimento relativo à disciplina Pintura Industrial					
VIII. A utilização de normas técnicas pode ser aplicada ao ensino de outras disciplinas do curso de engenharia mecânica, visando uma ação mais aplicada do conteúdo.					



3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Exemplificação de projeto de pintura

Para ilustrar o desenvolvimento da atividade realizada, foi escolhido, mediante sorteio, o tema “Revestimentos Anticorrosivos para Tanque, Esfera e Cilindro de Armazenamento”, cujo descritivo do projeto elaborado pelos estudantes será apresentado de forma resumida, no Quadro 4.

Quadro 4 - Exemplo de Projeto de Pintura desenvolvido pelos estudantes

Título do Projeto	Pintura Externa de Tanque de Armazenamento de Combustível no Porto de SUAPE (Ipojuca – PE)	
Escopo do Projeto	Pintura externa de um tanque de armazenamento de gasolina exposto a um ambiente costeiro, podendo estar sujeito a cargas de vento, erosão proveniente das partículas sólidas em movimento, oxidação acelerada por fatores de salinidade.	
Referências Normativas	N-9	Tratamento de superfície de aço com jato abrasivo e hidrojateamento
	N-13	Requisitos técnicos para serviço de pintura
	N-2677	Tinta de Poliuretano Acrílico.
	N-2912	Tinta Epóxi “Novolac”;
	N-2913	Revestimento anticorrosivo para tanque, esfera e cilindro de armazenamento
Condição Especificada	Condição 10 – especificado para Orla marítima ou sobre píer, de 0 °C até 80 °C.	Conforme item 4 da N-2913
Especificação do Esquema de Pintura	Limpeza com solvente	Conforme item 4.4.1 da N-9
	Jateamento abrasivo – Grau Sa 2 ½ (mínimo aceitável)	Conforme item 3.4.3 da N-9
	Limpeza entre demãos - Utilizar água doce à pressão de 3000 psi (mínimo)	Conforme item 4.2.4 da N-2913
	<i>Tinta de Fundo</i> - 300 µm do revestimento epóxi novolac tipo II (N-2912), ou duas demãos da tinta epóxi sem solventes tolerante a superfícies molhadas, conforme N-2680 com espessura mínima de película seca de 150 µm por demão. <i>Aplicação:</i> pistola sem ar.	Conforme item 4.2.4.1 da N-2913
	<i>Tinta de Acabamento</i> - Aplicar uma demão de tinta de poliuretano acrílico (N-2677). <i>Aplicação:</i> pistola convencional ou pistola sem ar, com espessura mínima de película seca de 70 µm.	Conforme item 4.2.4.2 da N-2913
Condições Físicas para aplicação da pintura	Umidade Relativa do Ar – valor máximo de 85%	Conforme item 7.3 da N-13.
	Temperatura ambiente – superior a 5°C	
	Temperatura da superfície _ no mínimo 3 °C acima do ponto de orvalho e no máximo 52 °C.	
Ensaio	Espessura de Película úmida	Conforme itens 6.6 e 7.6 da N-13
	Espessura de Película seca	Conforme item 6.7 e 7.7 da N-13
	Aderência por tração (<i>pull-off</i>)	Conforme item 6.9 e 7.5 da N-13; e item 3.1.11 da N-2913.



Os tanques são equipamentos destinados a armazenar fluidos à pressão atmosférica e a também a pressões superiores a esta. Em refinarias de petróleo, indústrias químicas e petroquímicas, os tanques de armazenamento são equipamentos de caldeiraria pesada e constituem um conjunto importante de equipamentos que abrangem os mais variados usos, tais como o armazenamento de matérias-primas, insumos e produtos, o que possibilita a manutenção de estoques estratégicos dentro de seus limites, garantindo a continuidade operacional, em casos de interrupção do fornecimento de algum produto (CARDOSO, 2008).

No caso exemplificado no Quadro 4, os estudantes optaram por considerar um ambiente costeiro, no Porto de SUAPE, e usaram a condição 10 da Petrobras N-2913 para revestimento externo, por ser aplicável a atmosferas agressivas localizadas próximas à praia ou em áreas onde predominam ventos fortes vindos do mar para o litoral, com presença de areia e/ou alta salinidade do ar (névoa salina).

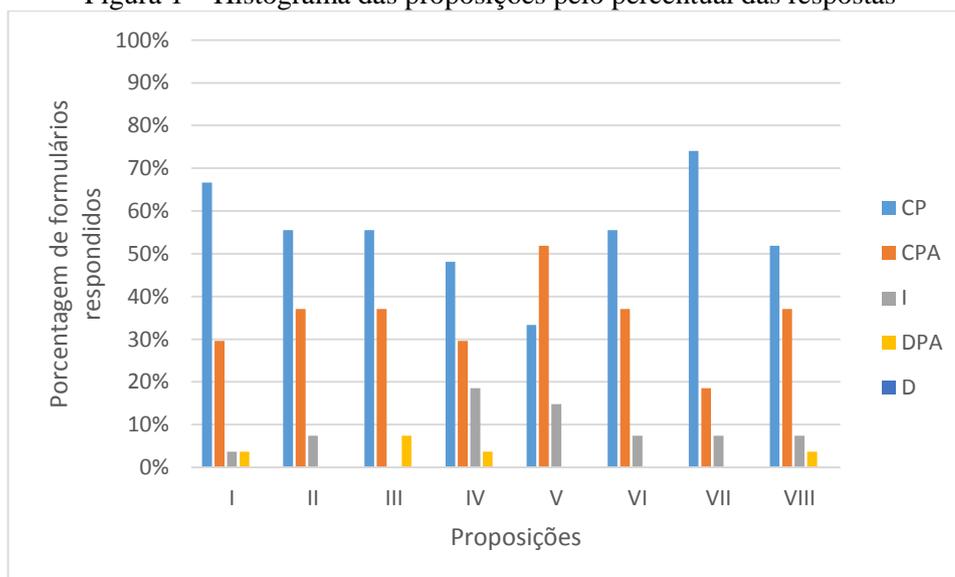
A tinta de fundo utilizada segundo a N-2913, da Petrobras, é a tinta Novolac tipo II, que é uma tinta do tipo epóxi curada com poliaminas cicloalifáticas. É um produto de alta espessura e com elevada resistência mecânica e química em aplicações com imersão total de líquidos e exposição a gases e vapores corrosivos. Além de não possuir compostos orgânicos voláteis (VOC), resiste a temperaturas de até 150°C.

A tinta de acabamento é uma tinta de poliuretana acrílica, que é considerada um revestimento de alta performance, apresentado propriedades excelentes de resistência à radiação ultravioleta do sol e também resistência a ambientes agressivos, sujeitos à exposição de derrames de alguns produtos químicos.

3.2 Avaliação da intervenção pedagógica

Na Figura 1, observam-se os resultados obtidos no questionário apresentado anteriormente no Quadro 3. Evidencia-se que a intervenção foi avaliada positivamente em todos os quesitos, mostrando a aceitação e o caráter motivacional da utilização de normas técnicas pelos alunos.

Figura 1 – Histograma das proposições pelo percentual das respostas





Para a questão subjetiva “**Liste sugestões de como a prática pedagógica proposta poderia ser aprimorada.**”, foram sugeridos:

- Visitas técnicas;
- Práticas de pintura;
- Discussão mais aprofundada de cada caso proposto;
- Busca das tintas selecionadas em catálogos de fabricantes.

Para a questão subjetiva “**Além dos equipamentos propostos, que outros itens você sugere que sejam analisados através de elaboração de projeto de pintura por normas técnicas?**” houve no geral uma satisfação pela prática realizada e pela associação do estudo teórico com o prático que visou simular situações presentes na indústria.

A partir das questões subjetivas evidencia-se uma satisfação dos estudantes com a atividade proposta, indicando que o caráter motivacional do projeto favoreceu a construção do conhecimento de maneira mais integrada do estudante com sua atual ou futura atuação profissional. Além disso, o fato de os alunos sugerirem melhorias para a atividade, através de visitas técnicas e também de práticas de pintura, demonstrou o interesse de atribuir um caráter mais dinâmico e prático para a contextualização dos conceitos discutidos em sala de aula.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de normas técnicas em atividades em sala de aula possibilita a aproximação do estudante à realidade de sua atuação profissional. A proposta de definir um projeto de pintura industrial permitiu que os alunos de engenharia mecânica e de materiais da UFPE pudessem analisar problemas reais encontrados no setor industrial, além de contextualizar os assuntos discutidos em sala de aula. A partir do questionário de avaliação de aceitação da intervenção pedagógica, identificou-se que a atividade envolvendo as normas técnicas foi uma intervenção positiva, pois atuou como instrumento importante no processo ensino-aprendizagem de pintura industrial e prevenção de processos corrosivos. Dessa forma, demonstra-se que a utilização de normas técnicas dinamiza o ensino-aprendizagem do estudante, pois se torna uma ferramenta motivacional e participativa na medida em que aproxima o aluno da realidade profissional de um engenheiro.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMAD, Z. Principles of Corrosion Engineering and Corrosion Control. 1. ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2006.

BRANDALISE, L. T. Modelos De Medição De Percepção e Comportamento – Uma Revisão, 2006. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/267679506>>. Acesso em 03 maio 2017.

CARDOSO, Luiz. C. S. Petróleo: do poço ao posto. Rio de Janeiro: Interciência, 2008.

FURTADO, P. Pintura Anticorrosiva dos Metais. 1. ed. São Paulo: LTC, 2010

GENTIL, V. Corrosão. 6. ed. Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos, 2011.



JAMBO, H. C. M.; FÓFANO, S. Corrosão: Fundamentos, monitoração e controle. 2. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO – MEC. Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia. Brasília, 2002.

MUNGER, C. G. Corrosion Prevention by Protective Coatings. 2. ed. Estados Unidos: NACE, 1999.

NUNES, L. P.; LOBO, A. C. O. Pintura Industrial na Proteção Anticorrosiva. 5. ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2014.

UTILIZATION OF TECHNICAL STANDARDS IN THE INDUSTRIAL PAINTING AREA FOR ENGINEERING EDUCATION

Abstract: *The present work had as objective to evaluate the importance of the use of Technical Standards related to the Industrial Painting project as a proposal of pedagogical intervention for students of the mechanical engineering and materials engineering courses of the Federal University of Pernambuco in the discipline of Industrial Painting. To this end, six different equipments and structures, used in the industrial sector, specifically in the petroleum industry, were proposed so that the students, based on the public technical standards made available by Petrobras, could develop an industrial painting project, aiming to contextualize the theoretical subject that was seen during the discipline, with situations that the students can come across in their professional life. After the presentation of these projects, it was presented a questionnaire based on the Likert Scale, aiming to identify the students' interest in the subject and the importance of the use of the technical standards for contextualizing the painting subject. The results revealed that the elaboration of the painting project in accordance with the technical standards promoted the construction of knowledge and stimulated the teaching-learning of the student, by bringing it closer to the professional reality of an engineer.*

Key-words: *Industrial Painting; corrosion; technical standards; contextualization; engineering education.*