



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE QUÍMICA INDUSTRIAL**

SHELTON ANANIAS VIDAL

**REUTILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DO SOLVENTE DE LIMPEZA NA
FABRICAÇÃO DA PASTA PRETA PARA TINTA PARA CALÇADOS**

**CAMPINA GRANDE, PB
2017**

SHELTON ANANIAS VIDAL

**REUTILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DO SOLVENTE DE LIMPEZA NA
FABRICAÇÃO DA PASTA PRETA PARA TINTA PARA CALÇADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Química Industrial da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Química Industrial.

Área de concentração: Princípios Químicos Inorgânicos.

Orientador: Prof. Dr. Pablicia Oliveira Galdino.

**CAMPINA GRANDE
2017**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

V648r Vidal, Shelton Ananias.
Reutilização dos resíduos do solvente de limpeza na fabricação da pasta preta para tinta para calçados [manuscrito] : / Shelton Ananias Vidal. - 2017.
28 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2017.

"Orientação : Profa. Dra. Pablicia Oliveira Galdino, Departamento de Química - CCT."

1. Indústria química. 2. Fabricação de tinta. 3. Solventes.
4. Ponto de fulgor.

21. ed. CDD 667.4

SHELTON ANANIAS VIDAL

REUTILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DO SOLVENTE DE LIMPEZA NA FABRICAÇÃO DA
PASTA PRETA PARA TINTA PARA CALÇADOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Química Industrial da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Química Industrial.

Área de concentração: Princípios Químicos Inorgânicos.

Aprovada em: 07/12/2017.

BANCA EXAMINADORA

Pablicia Oliveira Galdino
Prof. Dr. Pablicia Oliveira Galdino (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Adna de Alcântara e Souza Bandeira
Prof. Me. Adna de Alcântara e Souza Bandeira
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Adriana Valéria Arruda Guimarães
Prof. Dr. Adriana Valéria Arruda Guimarães
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

À Deus, primeiramente, pelo dom da vida, por me guiar, me proteger e me mostrar sempre o que devo fazer. Aos meus pais e minha família pelo apoio, dedicação, força e motivação dirigidos a mim durante todo o decorrer desse curso. DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, José Egnaldo e Esmeralda, por sempre me orientar da melhor forma possível, me incentivar e me apoiar sempre.

Ao meu irmão Emanuel pelo companheirismo e ajuda nas horas difíceis.

Aos coordenadores, Hélvia e Arimatéia, pela amizade e ajuda quando me foi necessário.

À minha avó Edvirges (*in memoriam*), por ser uma pessoa tão maravilhosa em vida, me passando suas experiências de vida e ensinando a melhor forma de agir.

À minha namorada Kézia, por ser sempre tão companheira e amiga, me ajudando desde o início do curso dentro e fora da universidade.

À meu colega de curso e de trabalho, Renan, por me ajudar durante o decorrer do curso e sempre durante o trabalho, parceiro da pesquisa e projeto que deu origem à esse trabalho de conclusão de curso.

À todos os amigos e colegas que contribuíram durante o decorrer desse curso.

Agradeço.

“Já está provado por $a + b$ que $a + b$ não prova nada e eu, pessoalmente, já mostrei que é tudo a mesma coisa. Mas ainda tem gente que não sabe ou então tá se fingindo, que pra quem tá indo, quem vem vindo, Na verdade é que tá indo.”

Falcão.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	07
2	OBJETIVO	08
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	08
3.1	Princípios da Química Verde	08
3.2	Tintas	10
3.2.1	<i>Composição da Tinta</i>	10
3.2.1.1	<i>Resinas</i>	10
3.2.1.2	<i>Pigmentos</i>	11
3.2.1.3	<i>Solventes</i>	12
3.2.1.4	<i>Aditivos</i>	12
3.3	Pasta Preta para Tinta	12
4	PONTO DE FULGOR	12
5	MATERIAIS E METODOS	13
5.1	Processo de Descarte do Solvente de Limpeza	13
5.2	Formulações	14
5.3	Ensaio do Ponto de Fulgor	15
5.4	Fabricação da Resina Vinílica	15
5.4.1	<i>Teste de Qualidade da Resina Vinílica (RV)</i>	16
5.5	Fabricação da Pasta Preta para Tinta	17
5.5.1	<i>Teste de Qualidade da Pasta Preta</i>	18
5.5.2	<i>Resistência</i>	18
5.5.2.1	<i>Resistência à Abrasão</i>	19
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
7	CUSTOS	22
8	LUCROS	23
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS	24
	REFERÊNCIAS	25

REUTILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DO SOLVENTE DE LIMPEZA NA FABRICAÇÃO DA PASTA PRETA PARA TINTA PARA CALÇADOS: REVISÃO DE LITERATURA

Shelton Ananias Vidal*

RESUMO

Nas indústrias químicas de fabricação de tintas e vernizes a compra de solventes orgânicos corresponde a uma grande parcela de seus custos com matérias primas. No entanto, a utilização desses solventes é indispensável e bastante variada, podendo ser utilizado desde uma simples limpeza de ferramentas e máquinas até um indispensável componente dentro de uma formulação de um produto final, como por exemplo, uma tinta. O descarte incorreto dos resíduos gerados por eles originam diversas consequências, tanto ambientais quanto econômicas. Visando isso, este trabalho teve como objetivo gerenciar e reutilizar os resíduos gerados pelo solvente de limpeza na indústria química de fabricação de tintas e vernizes, localizada em um município da Paraíba, seguindo os princípios da Química Verde (eliminando em 85% seu descarte por meio de sua reutilização para a fabricação da pasta preta para tinta, tomando como base a semelhança entre os pontos de fulgor do resíduo com o solvente de secagem lenta (SSL) utilizado em linha). Sua reutilização tomou como base a semelhança entre os pontos de fulgor do resíduo e dos solventes de linha, havendo a total substituição desse pelo solvente de secagem lenta, seguindo pela fabricação da resina vinílica líquida e posteriormente da pasta preta para tinta, submetendo os produtos fabricados pelos mesmos testes de qualidade utilizados pela indústria, como tempo de secagem, formação de filme, brilho, viscosidade, teor de sólidos, grau de moagem, tonalidade, cobertura e resistência. Diante desse contexto, concluiu-se que a pasta preta para tinta obtida através da substituição do solvente de secagem lenta pelo resíduo do solvente de limpeza teve suas características aprovadas, proporcionando à empresa baixo custo com matéria prima e favorecendo o meio ambiente.

Palavras-Chave: Indústria química, fabricação de tinta, solventes, ponto de fulgor.

1 INTRODUÇÃO

Grande parte dos resíduos gerados nas indústrias químicas de fabricação de tintas e vernizes corresponde ao descarte do solvente de limpeza utilizado para lavagem de ferramentas e maquinários. Normalmente, quando esse solvente está bastante contaminado com resíduos de tintas e outros componentes presentes nos processos produtivos, ele é descartado e por se tratar de resíduos tóxicos, seu descarte deve ser feito de forma a não poluir o meio ambiente, entretanto, as indústrias não possuem uma forma de tratamento e descarte apropriado dentro de seu próprio processo, e por esse motivo, contratam empresas terceirizadas e legalizadas para desempenhar o tratamento, gerando custos bastante elevados. Diante dessa realidade emerge uma perspectiva de prevenir os danos ambientais conceituada

* Aluno de Graduação em Química Industrial na Universidade Estadual da Paraíba – Campus I.
Email: sheltonvidal@hotmail.com

pela Química Verde, a qual corresponde à criação, desenvolvimento e aplicação de produtos e processos químicos para reduzir o uso e a geração de substâncias nocivas à saúde humana e ao meio ambiente (CORREIA e ZUIN, 2009).

A Química Verde tem como princípios prevenir a formação de subprodutos e promover a reciclagem dos resíduos. Assim sendo, esses princípios são de extrema importância, principalmente dentro de uma indústria, reduzindo assim os custos com descartes e maximizando a aplicação de todos os materiais utilizados para o produto final (PRADO, 2003).

Os estudos visando à reciclagem dos resíduos formados com os solventes de limpeza representam uma alternativa eficiente para a redução dos custos, sejam os relacionados com os descartes dos mesmos ou referentes à compra de novos solventes. Visando a questão ambiental, esse estudo também contribui com a minimização da formação de resíduos e posterior descartes, contribuindo para a preservação do meio ambiente. Uma vez que não se tem garantia que o descarte desses resíduos realizados pelas empresas tenha sido dentro das exigências normativas.

2 OBJETIVO

Gerenciar e reutilizar os resíduos gerados pelo solvente de limpeza na indústria química de fabricação de tintas e vernizes, localizada em um município da Paraíba, seguindo os princípios da Química Verde.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Denomina-se Química Verde o conjunto de ações que visam à diminuição de danos ao meio ambiente, mediante o aprimoramento de processos necessários à mínima geração de resíduos químicos (FARIAS; FAVARO, 2011).

Segundo as mesmas autoras, a química verde visa à criação, o desenvolvimento e a aplicação de produtos e processos químicos para reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias tóxicas, usando para isso a própria química para a prevenção da poluição ambiental.

3.1 Princípios da Química Verde

Doze princípios acerca da preocupação com o meio ambiente e a qualidade de vida são formadores da química verde. Tais princípios são:

- 1) Prevenção, é melhor prevenir a formação de subprodutos do que tratá-los posteriormente;
- 2) Economia de átomos, os métodos sintéticos devem ser desenvolvidos para maximizar a incorporação dos átomos dos reagentes nos produtos finais desejados;
- 3) Sínteses com compostos de menor toxicidade, sempre que possível deve-se substituir compostos de alta toxicidade por compostos de menor toxicidade nas reações químicas;
- 4) Desenvolvimento de compostos seguros, os produtos químicos deverão ser desenvolvidos para possuírem a função desejada, apresentando a menor toxicidade possível;
- 5) Diminuição de solventes e auxiliares, a utilização de substâncias auxiliares (solventes, agentes de separação, etc.) deverá ser evitado quando possível, ou usadas inócuas no processo;
- 6) Eficiência energética, os métodos sintéticos deverão ser conduzidos sempre que possível à pressão e temperatura ambientes, para diminuir a energia gasta durante um processo químico que representa um impacto econômico e ambiental;
- 7) Uso de substâncias recicladas, os produtos e subprodutos de processos químicos deverão ser reutilizados sempre que possível;
- 8) Redução de derivativos, a derivatização (uso de reagentes bloqueadores, de proteção ou desproteção, modificadores temporários) deverá ser minimizada ou evitada quando possível, pois estes passos reacionais requerem reagentes adicionais e, conseqüentemente, podem produzir subprodutos indesejáveis;
- 9) Catálise, a aplicação de catalisadores para aumentar a velocidade e o rendimento dos processos químicos;
- 10) Desenvolvimento de compostos para degradação, produtos químicos deverão ser desenvolvidos para a degradação inócua de produtos tóxicos, para não persistirem no ambiente;
- 11) Análise em tempo real para a prevenção da poluição, as metodologias analíticas precisam ser desenvolvidas para permitirem o monitoramento do processo em tempo real, para controlar a formação de compostos tóxicos;
- 12) Química segura para a prevenção de acidentes, as substâncias usadas nos processos químicos deverão ser escolhidas para minimizar acidentes em potencial, tais como explosões e incêndios (KIRCHHOFF, 2002; HJERESSEN; SCHUTT; BOESE, 2000; WINTERTON, 2016; TROST, 1991, 1995).

A aplicação de processos mediante os princípios da química verde trazem inúmeros benefícios para todas as partes interessadas, no entanto muitos obstáculos são enfrentados pelas organizações acerca de investimentos necessários para a implantação de tais processos, como gastos com equipamentos e legislações ambientais. Com isso, grande parte das indústrias apenas realizam tais investimentos para atender as leis vigentes, sendo uma melhoria contínua de seus processos uma mera obrigação judicial e não ambiental (MELLO; LEMOS; NASCIMENTO, 2008).

3.2 Tintas

Tinta é uma composição química, geralmente viscosa, formada por uma dispersão de um ou mais pigmentos numa solução ou emulsão de um ou mais polímeros, solventes e podendo possuir ou não aditivos específicos. Após ser aplicada em uma superfície se transforma num revestimento a ela aderente, lhe conferindo principalmente cor e proteção (ANGHINETTI, 2012).

Tinta é uma composição química pigmentada ou não que, após aplicada, forma um revestimento decorativo, propiciando acabamento, resistência, durabilidade, valorização, distribuição de luz e higiene (FAZENDA, 2009).

Quando essa tinta não contém pigmentos, ela é chamada de verniz. Por ter pigmentos a tinta cobre o substrato, enquanto o verniz deixa transparente (ANGHINETTI, 2012).

3.2.1 Composição da Tinta

A empregabilidade da tinta é de suma importância e seus componentes básicos são: resinas, pigmentos, solventes e aditivos.

3.2.1.1 Resinas

Pode-se denominar as resinas como a parte não-volátil pertencente à composição da tinta, agindo como suporte para os pigmentos e aditivos. Após a aplicação da tinta, formam uma película que une os pigmentos realizando também a ancoragem (fixação) do revestimento ao substrato. (FAZENDA, 2009).

De acordo com sua utilização as resinas podem ser classificadas como alquídicas, poliuretanas, epóxi, vinílicas, nitrocelulósicas, borracha clorada, entre outras, levando sempre o nome da resina básica que as compõe (CARDOSO, 2015).

Segundo o mesmo autor, a formação do filme da tinta é relacionado com o mecanismo das reações químicas poliméricas, muito embora outros componentes, como os aditivos e solventes, possam afetar essas reações, inibindo, acelerando ou retardando as mesmas.

3.2.1.2 Pigmentos

Pigmentos são substâncias insolúveis no meio ao qual estão sendo aplicados, seja aquoso ou orgânico, garantindo às tintas cobertura e tonalidade. Semelhantes a eles temos os corantes, diferindo no fato de serem solúveis no meio a que pertencem e não possuindo a característica de conferir cobertura e sim apenas a cor específica a determinado substrato (RABELO, 2009). Os corantes fixam-se na superfície que vão colorir através de mecanismos de adsorção, ou ligações iônicas e covalentes, enquanto os pigmentos são dispersos no meio (tinta) formando uma dispersão relativamente estável. Os corantes são muito utilizados na indústria têxtil e os pigmentos são fundamentais em tintas para revestimento (PEIXOTO, 2016).

Podemos dividir os pigmentos entre ativos e inertes. Os ativos conferem cor e poder de cobertura às tintas e os inertes, também chamados de cargas minerais, proporcionam lixabilidade, dureza, consistência e outras características (CARDOSO, 2015).

Como um dos mais importantes, senão o mais importante, pigmentos brancos produzidos, temos o Dióxido de Titânio (TiO_2). Sua produção média no ano de 2013 foi de 7,6 mil toneladas (Departamento nacional de produção mineral - DNPM, 2014).

Cerca de 88% da produção mundial de titânio é obtida da ilmenita, mineral de titânio de ocorrência mais comum, enquanto que o restante vem do rutilo, mineral com maior teor, porém mais escasso. As reservas na forma de ilmenita e rutilo totalizam aproximadamente 715 mil toneladas, sendo que quase dois terços estão localizados na: China (28,0%), Austrália (25,7%) e Índia (12,9%). As reservas lavráveis brasileiras de ilmenita e rutilo totalizam 2,6 mil toneladas e representam menos de 0,4% das reservas mundiais. Os maiores produtores mundiais de titânio (soma da produção de ilmenita e rutilo) são: Austrália (18,3%), África do Sul (16,1%), China (12,5%) e Canadá (10,1%). O Brasil é o maior produtor da América Latina, com 1,1% da produção mundial de titânio em 2013, conforme o DNPM, 2014).

3.2.1.3 Solventes

Os solventes são líquidos voláteis utilizados nas diversas fases de fabricação das tintas e resinas. São voláteis e na maioria dos casos possuem baixo ponto de ebulição. Geralmente sua utilização leva em consideração a afinidade química com os materiais a qual serão aplicados (FAZENDA, 2009).

São compostos orgânicos, ou não (água) e possibilitam que o produto se apresente sempre com o mesmo padrão de viscosidade. São empregados para conferir à tinta as condições ideais de pintura, visando facilitar sua aplicação, seu alastramento, etc. (RABELO, 2009).

Além de serem componentes indispensáveis na fabricação de tintas, lacas, vernizes entre outros componentes, os solventes são largamente utilizados nas indústrias que os fabricam para a realização da limpeza de máquinas, (moinhos e dispersores) e equipamentos, como as telas e rodos serigráficos, agitadores, pincéis, entre outros.

3.2.1.4 Aditivos

Os aditivos encontram-se presentes nas tintas em proporções relativamente baixas. Os mesmos influenciam significativamente na qualidade da tinta, conferindo melhores parâmetros de estabilidade, aplicabilidade, aspecto, resistência às intempéries, entre outras características (ANGHINETTI, 2012).

3.3 Pasta Preta para Tinta

Pasta pode ser denominada como porção de matéria sólida aglutinada, ligada ou amassada com substância líquida ou viscosa, e que se caracteriza por sua plasticidade. Sendo assim a pasta preta para tinta é a forma dispersa (líquida) do pigmento preto (negro de fumo) que diluída na resina específica para cada substrato, formará a Tinta Preta.

4 PONTO DE FULGOR

O ponto de fulgor ou ponto de inflamação é o parâmetro mais importante utilizado quando se quer determinar o potencial dos perigos de fogo ou explosão de um líquido. É este parâmetro que estabelece a temperatura mínima das substâncias que emitem vapores inflamáveis. (DUFROYER; CARRIM, 2014).

O ponto de fulgor é uma medida da tendência da amostra a formar uma mistura inflamável com o ar sob condições laboratoriais controladas. É apenas uma entre outras propriedades que devem ser consideradas na avaliação completa do perigo de inflamabilidade do material (ABNT NBR 11341:2008).

Outros parâmetros aplicados a solventes estabelecem seus valores baseados apenas no estado de gás ou vapor do mesmo, diferente do ponto de fulgor, que estabelece a temperatura mínima em que uma substância torna-se inflamável, independente de seu estado físico (DUFROYER; CARRIM, 2014).

Mesmo a utilização dos solventes inflamáveis ser feita geralmente através de misturas, tanto em escala laboratorial, como industrial, as bibliografias de referência apenas estabelecem valores de ponto de fulgor para substâncias puras (YAWS, 1999).

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Processo de Descarte do Solvente de Limpeza

O solvente de limpeza (SL) é utilizado para a limpeza de agitadores pneumáticos, lavagem de ferramentas diversas, de telas serigráficas, de equipamentos e de embalagens recuperadas de tintas e vernizes. Após o solvente ficar contaminado e não mais cumprir sua função, é armazenado em tambores de 200 litros, lacrados, identificados e armazenados em local específico dentro do setor de contenção da empresa. No final de um determinado período, uma empresa terceirizada faz a coleta desse solvente e se encarrega do correto gerenciamento e descarte.

Em média são utilizados diariamente cerca de 25 Kg de SL, que geram, ao final de cada mês, uma média de 400 kg de resíduos. (Tendo em vista que no montante de 25 Kg de solvente de limpeza, 5 Kg do mesmo evapora). A empresa que faz a coleta dos descartes cobra R\$ 1,20 por Kg do mesmo, logo, por mês, esse descarte gera R\$ 480,00 de custo.

Na Figura 1 encontra-se a imagem do solvente de limpeza acondicionado em tambor de 200L.

Figura 1: Solvente SL.

Fonte: Próprio autor, 2017.

5.2 Formulações

A pasta preta para tinta (PTP) tem em sua formulação uma resina vinílica líquida (RV), o pigmento orgânico preto (PP), dois aditivos dispersantes (D1 e D2), um solvente de secagem rápida (SSR) e um solvente de secagem lenta (SSL). Sua formulação está disposta na Tabela 1.

Tabela 1: Formulação Pasta Preta para Tinta (PTP).

Formulação Pasta Preta Para Tinta (PTP)	
Referência	Valor em %
Resina Vinílica Líquida (RV)	51,11
Pigmento Orgânico Preto (PP)	8,50
Dispersante 1 (D1)	1,11
Dispersante 2 (D2)	3,00
Solvente de Secagem Rápida (SSR)	6,00
Solvente de Secagem Lenta (SSL)	30,28

Fonte: Próprio autor.

A resina vinílica líquida, por sua vez, tem em sua formulação uma resina vinílica sólida (RS) que é dispersa em três solventes, um de secagem lenta (SSL), um de secagem intermediária (SSI) e um de secagem rápida (SSR). O solvente de secagem lenta e o solvente de secagem rápida utilizados na produção da resina líquida são os mesmos utilizados na fabricação da pasta preta para tinta. A formulação da resina vinílica líquida (RV) está demonstrada na (Tabela 2).

Tabela 2: Formulação Resina Vinílica Líquida (RV).

Formulação Resina Vinílica Líquida (RV)	
Referência	Valor em %
Resina Vinílica Sólida (RS)	23,91
Solvente de Secagem Lenta (SSL)	22,87
Solvente de Secagem Intermediária (SSI)	32,61
Solvente de Secagem Rápida (SSR)	20,61

Fonte: Próprio autor.

5.3 Ensaio do Ponto de Fulgor

Seguindo as metodologias indicadas na norma ABNT NBR 11341:2008 foi realizado, através de um aparelho de vaso aberto Cleveland (manual). No ensaio para determinação do ponto de fulgor, 70 mL do solvente de limpeza foi adicionado a cuba de ensaio, a temperatura da amostra foi aumentada rapidamente no início e depois a uma taxa mais lenta e constante, quando a temperatura se aproximava do valor referência dos pontos de fulgor do solvente de secagem lenta, solvente de secagem rápida e solvente de secagem intermediária. Através de intervalos de temperatura de 1°C, a chama de ensaio foi passada sobre a cuba até o momento em que a chama de ensaio causou a ignição dos vapores da amostra que se encontravam acima da superfície. Neste momento foi visualizada a temperatura através do termômetro acoplado.

A Tabela 3 apresenta os valores referentes aos pontos de fulgor dos solventes utilizados no processo produtivo da pasta preta para tinta (PTP):

Tabela 3: Pontos de fulgor em °C.

Pontos de Fulgor em °C	
Referência	Valor (Vaso Aberto)
Solvente de Secagem Rápida (SSR)	13
Solvente de Secagem Intermediária (SSI)	23
Solvente de Secagem Lenta (SSL)	54

Fonte: Próprio autor.

5.4 Fabricação da Resina Vinílica

Na fabricação da resina vinílica líquida (RV) utilizou-se a metodologia específica da empresa, apenas substituindo o solvente de secagem lenta pelo solvente de limpeza e seguindo a formulação de acordo com a Tabela 2.

Adicionou-se o solvente de secagem lenta e o solvente de limpeza ao reator utilizado para a fabricação da resina e o transferiu para uma agitador de bancada, onde a resina sólida foi adicionada à mistura aos poucos e sob agitação. Após adicionar toda a resina o recipiente foi fechado e permaneceu sob agitação durante 15 minutos. Ao final desse tempo a resina sólida já foi dispersa nos dois solventes e torna-se líquida. Após essa etapa adiciona-se o solvente de secagem rápida e executa-se uma leve agitação para proporcionar a homogeneização e finalização da resina vinílica. Na Figura 2 encontra-se as etapas para obtenção da resina vinílica.

Figura 2: Fabricação da RV.



Fonte: Próprio autor, 2017.

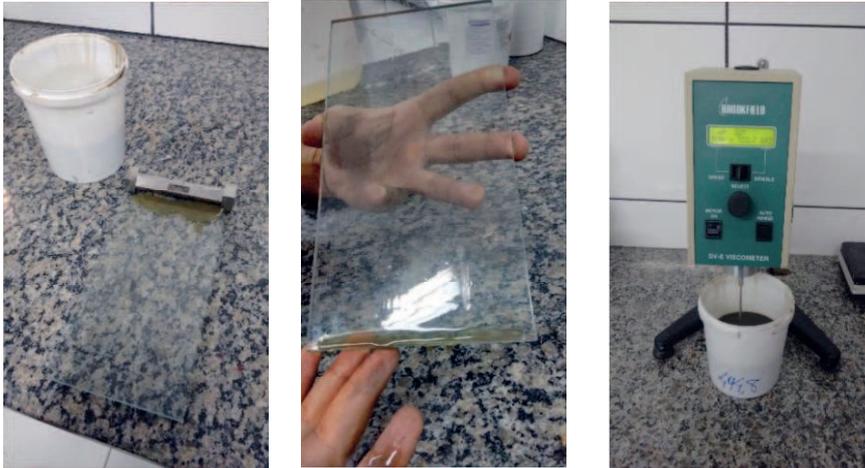
5.4.1 Teste de Qualidade da Resina Vinílica (RV)

Para o controle de qualidade foram realizados testes para verificação dos seguintes parâmetros: Tempo de secagem, formação de filme, presença de brilho, coloração da resina, teor de sólidos e viscosidade.

Após a fabricação da resina vinílica líquida e resfriamento até a temperatura de 25°C, foi retirada uma alíquota da mesma, aplicada sobre uma lâmina de vidro e arrastada com um extensor Bird da OMICRON, modelo 161, verificando o tempo de secagem, formação de filme, brilho e coloração. Foi analisado também o teor de sólidos através de um analisador de umidade-padrão OHAUS MB35, no qual, em modo de operação automático e temperatura de

160°C, obtemos o valor de voláteis da amostra e, conseqüentemente, o de sólidos. Através de um viscosímetro digital Brookfield aferiu-se a viscosidade em unidade de cP. Na Figura 3 encontra-se os testes realizados na Resina Vinílica.

Figura 3: Análise do filme e viscosidade (RV).



Fonte: Próprio autor, 2017.

5.5 Fabricação da Pasta Preta para Tinta (PTP)

O processo de fabricação da pasta preta para tinta utilizou-se do mesmo procedimento para obtenção da resina vinílica líquida, havendo a mudança do solvente de secagem lenta pelo solvente de limpeza e também da resina vinílica líquida original pela nova RV citada anteriormente e seguindo a formulação descrita na Tabela 1.

No reator em que foi produzida a pasta preta para tinta adicionou-se o solvente de limpeza, os dois dispersantes (D1 e D2) e 20% de esferas de zircônio (as esferas simulam o moinho) sob o total de pasta a ser produzida. O reator foi então levado para o agitador de bancada, onde, sob agitação de 3000 RPM, adicionou-se aos poucos todo o pigmento orgânico preto (PP) e, em seguida, fechou-se o reator mantendo sob agitação durante 1 hora. Após esse período retirou-se uma alíquota da PTP e, através do Grindômetro da OMICRON, modelo 155, foi aferido o grau de moagem e dispersão de pigmentos da nova PTP. Após a aprovação do grau de moagem e dispersão do PP adicionou-se o solvente de secagem rápida (SSR) e realizou-se uma rápida homogeneização. A PTP foi resfriada até a temperatura de 25°C e então a resina vinílica líquida (RV), produzida anteriormente, foi adicionada e realizada mais uma rápida homogeneização, finalizando assim a fabricação da pasta preta para tinta, conforme mostra a Figura 4.

Figura 4: Fabricação da PTP.



Fonte: Próprio autor, 2017.

5.5.1 Teste de Qualidade da Pasta Preta

O teste de qualidade da pasta preta foi realizado em 02 etapas. A primeira etapa foi realizada através do analisador de umidade-padrão OHAUS MB35 e determinado o teor de sólidos (processo igual ao realizado para a resina vinílica líquida. Da mesma forma, através do viscosímetro digital Brookfield, aferiu-se a viscosidade da em unidade de cP.

Na segunda etapa, realizou-se o teste de tonalidade e cobertura. Para esta finalidade utilizou-se de 5% da pasta preta para tinta, 45% da pasta branca e 50% da resina serigráfica utilizada na fabricação das tintas. Feita a mistura e, através de uma tela serigráfica de 100 fios e de um rodo serigráfico, uma alíquota foi transpassada para um laminado de poliuretano (PU) de fundo branco. Esse laminado foi para uma estufa com temperatura de 100°C por 10 segundos para que houvesse a secagem.

Após a secagem, através de padrões de cor existentes, a tonalidade do laminado foi comparada, caracterizando ou não sua aprovação. Além da tonalidade, também foi observado se a tinta produzida apresentou a cobertura esperada, não deixando à mostra nenhum dos poros brancos do laminado de PU, conforme Figura 5.

5.5.2 Resistência

Após a aprovação da cobertura e tonalidade, simulou-se uma linha de produção, onde a tinta recebeu 10% de uma resina catalisadora sobre sua massa total. Um substrato de borracha de butadieno estireno (SBR) previamente limpo com solvente de secagem rápida

recebe uma solução halogenante para haver a mudança da polaridade da borracha e para que ocorra uma melhor fixação da tinta. Após essa etapa a borracha é submetida à um repouso de 10 minutos. Então, através de uma tela serigráfica de 100 fios e de um rodo serigráfico, a tinta catalisada foi aplicada sobre o substrato de borracha, conforme Figura 5.

O substrato foi colocado em uma estufa com temperatura de 120°C por cerca de 15 segundos para secagem da tinta, após esse período, o mesmo passa por um descanso de 24 horas para que ocorra a ancoragem da tinta sobre ele. Ao término de 24 horas, o substrato recebe um corte sobre a superfície da tinta e aplica-se uma fita adesiva específica para a realização do primeiro teste de resistência. A fita é bem distribuída ao longo de todo o corte e removida, este procedimento é repetido em triplicata, caso a tinta não largue do substrato, segue-se com o último teste.

Figura 5: Análise de tonalidade e cobertura.



Fonte: Próprio autor, 2017.

5.5.2.1 Resistência à Abrasão

Após 72 horas da aplicação da tinta no substrato de borracha, é retirada do mesmo uma tira de aproximadamente 5 cm de largura. Essa tira é colocada em uma máquina de abrasão tipo Veslic, é umidificada com suor sintético e submetida à abrasão mecânica durante 12.000 ciclos, conforme Figura 6. Após este último teste de qualidade, não ocorrendo o desgaste antes dos ciclos estabelecidos, a tinta está aprovada.

Figura 6: Análise de Resistência à Abrasão em máquina Veslic.



Fonte: Próprio autor, 2017.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O parâmetro tomado como base para recuperação do solvente de limpeza (SL) foi o ponto de fulgor. Após a realização deste teste, observou-se que o solvente de limpeza (SL) possui um ponto de fulgor aproximado ao solvente de secagem lenta (SSL), não ocorrendo o mesmo com os demais solventes, conforme Tabela 4.

Tabela 4: Referência dos pontos de fulgor (°C) utilizados no processo produtivo da pasta preta para tinta (PTP).

Pontos de Fulgor em °C	
Referência	Valor (Vaso Aberto)
Solvente de Secagem Rápida (SSR)	13
Solvente de Secagem Intermediária (SSI)	23
Solvente de Secagem Lenta (SSL)	54
Solvente de Limpeza (SL)	50

Fonte: Próprio autor.

Os resultados obtidos e demonstrados na Tabela 5 foram satisfatórios quando comparados com os parâmetros internos caracterizando uma resina (RV) aprovada para a fabricação da pasta preta para tinta (PTP).

Na Tabela 5 encontram-se os valores de referência relacionados ao teste de qualidade da resina vinílica líquida.

Tabela 5: Valores médios dos parâmetros relacionados ao teste de qualidade (RV).

Teste de Qualidade RV		
Parâmetros	RV original	RV projeto
	Valor de Referência	Resultados
Tempo de secagem (s)	15 - 20	17 (De 15 à 20)
Formação do filme	Completo e Firme	Completo e Firme
Brilho	Presente e característico	Presente e característico
Viscosidade (cP)	300 - 350	330 (De 300 à 350)
Teor de Sólidos (%)	24,00 - 27,00	25,41 (De 24,00 à 27,00)

Fonte: Próprio autor.

De acordo com metodologias e testes realizados pela empresa no decorrer de sua atuação, foi verificado que o tempo de secagem da resina vinílica líquida deveria ser de 15 à 20 segundos, pois tempos inferiores à 15s acarretariam em uma secagem muito rápida ocasionando entupimento de telas, em contra partida, tempo superior à 20s originaria uma secagem muito lenta causando uma queda na eficiência de secagem da tinta; o filme por ela formado deverá ser completo e firme para garantir maior resistência à tinta produzida; o brilho é um parâmetro importante, pois a tinta final também será brilhosa; foi observado que valores inferiores à 300 cP formaria uma resina que escoaria em excesso pela tela serigráfica e valores maiores que 350 cP acarretaria em não passagem da resina pelas telas serigráficas; o teor de sólidos, por sua vez, conferem a ancoragem (fixação) ao produto, logo, com valores inferiores à 24% a resina apresentaria pouca resistência e com valores superiores à 27% tornaria a resina quebradiça.

Seguindo com os testes de qualidade, analisaremos a primeira etapa para a aprovação da PTP. Seus parâmetros são demonstrados na Tabela 6.

Tabela 6: Valores médios dos parâmetros relacionados ao teste de qualidade (PTP) 1ª etapa.

Teste de Qualidade Pasta Preta Para Tinta (PTP) (1ª Etapa)		
Parâmetros	PTP original	PTP projeto
	Valor de Referência	Resultados
Moagem/Dispersão (Hg) à 3000 RPM	> 6	7
Teor de Sólidos (%)	27 - 29	28,91
Viscosidade (cP)	500 - 700	560

Fonte: Próprio autor.

Referente à pasta preta para tinta (PTP) a empresa também verificou valores para parâmetros de produção que caracterizam um produto de maior qualidade.

O grau de moagem indica a dispersão do pigmento sólido com os solventes e valores inferiores à 6 Hg indicaria uma dispersão ineficiente alterando a cor final do produto.

Para a viscosidade foi observado que valores inferiores à 500 cP caracterizaria uma pasta com escoamento muito rápido pela tela serigráfica, causando desperdício. Valores superiores à 700 cP indicariam uma pasta demasiadamente encorpada, dificultando a homogeneização antes do uso e possuindo dificuldade no setor de serigrafia, não conseguindo ser transpassada corretamente pela tela serigráfica. O teor de sólidos, por sua vez, deveria ser de 27 a 29% pelos mesmos motivos citados acima para a resina.

A primeira etapa de testes mostrou que a nova pasta preta para tinta (PTP) obteve resultados satisfatórios, uma vez que seus valores analisados atenderam aos valores de referência determinados pela indústria e então seguiu com a análise da 2ª etapa de testes, referente à tonalidade, cobertura e resistência.

Observou-se que a nova PTP obteve tonalidade aprovada quando comparada com padrões que a indústria utiliza, atendendo também as exigências para a cobertura, não deixando à mostra nenhum poro do laminado branco de poliuretano (PU).

A resistência da nova pasta também foi aprovada, uma vez que ela resistiu à ação da fita sobre a borracha (SBR), não largando nenhuma camada de tinta do substrato e também ao último teste de resistência à abrasão, onde obteve resultados superiores à pasta de linha, resistindo a 13.500 ciclos antes de sofrer desgaste. Após a análise dos resultados seguiu-se então para a parte dos Custos e Lucros com o novo processo.

7 CUSTOS

Mediante os testes realizados foi constatado a viabilidade da reutilização do SL no processo produtivo. Com isso eliminou-se 85% do descarte dos resíduos gerados pelo SL e consequentemente as despesas correspondentes, diminui-se a compra do solvente de secagem lenta SSL utilizado na formulação original, maximizando os lucros com a produção e a comercialização do produto final.

A diminuição de despesas inicia-se com o custo gerado por mês com o descarte do solvente de limpeza (SL) que é em média **R\$ 480,00** por mês. Para armazenar o SL a empresa não gera mais nenhum custo adicional, pois o descarte é realizado em determinado tempo e

quantidade de produto. Como a contenção da empresa é grande e a mesma já possui tambores para armazenamento, nenhum custo adicional foi empregado no armazenamento da nova “matéria prima”.

Na Tabela 7 verifica-se a quantidade de SSL que é necessário à fabricação mensal de PTP.

Tabela 7: Quantidade necessária (Kg) de SSL para a fabricação mensal de PTP (850Kg).

Utilização de SSL na fabricação mensal da PTP (850 Kg)	
Referência	Quantidade em Kg
PTP	257,38
RV	99,35
Total	356,73

Fonte: Próprio autor.

Como demonstrado, o SL foi inserido tanto na fabricação da RV como diretamente dentro da PTP, substituindo totalmente o SSL. Esse solvente de secagem lenta tem o custo de R\$ 12,18 por Kg.

A produção mensal da PTP é de, em média, 850 kg por mês, logo temos que, para produzir 850 Kg de PTP são necessários 434,35 Kg de RV. Analisando agora o SSL que será substituído pelo SL temos que para a produção de RV são necessários 99,35 Kg de SSL e, diretamente dentro da PTP, são necessários 257,38 Kg do mesmo. Totalizando assim 356,73 Kg de SSL para a produção da PTP.

8 LUCROS

Podemos observar que a quantidade de resíduo produzido mensalmente é suficiente para substituir totalmente o solvente de secagem lenta (SSL) na fabricação da PTP.

O custo por Kg do SSL é de R\$ 12,18. Logo, para a produção mensal de 850 Kg de PTP é gerado um custo de **R\$ 4.344,97** referente apenas ao SSL. Se acrescentarmos a esse valor, o custo do descarte do SL, temos: R\$ 4.344,97 (custo com SSL) + R\$ 480,00 (custo para descarte mensal de SL) **□ R\$ 4.824,97.**

Logo, utilizando os resíduos que são descartados, a empresa lucra quase **R\$ 5.000,00** mensais seguindo os princípios da Química Verde, citados anteriormente, e mantendo a qualidade do produto produzido. Podemos observar melhor o que foi dito através da Tabela 8.

Tabela 8: Lucros mensais com a substituição do SSL pelo SL

Lucros mensais com a substituição do SSL pelo SL			
Produto	Quant. SSL utilizada (Kg)	Custo em R\$ de SSL (Kg)	Total
PTP	257,38	12,18	3134,89
RV	99,35	12,18	1210,08
Subtotal	356,73	12,18	4344,97
Descarte	400	1,2	480
TOTAL	-	-	4824,97

Fonte: Próprio autor.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a realização desse estudo, constatou-se que através da utilização dos resíduos formados pelo solvente de limpeza (SL) em substituição do solvente de secagem lenta (SSL), pôde-se fabricar a pasta preta para tinta (PTP) utilizando os mesmos processos de industrialização e aprovação, obtendo um produto com a mesma qualidade almejada pela indústria, eliminando 85% do descarte referente a esse resíduo.

Constatou-se ainda que além de minimizar os custos e maximizar os lucros da empresa com esse novo processo, houve o favorecimento do meio ambiente, eliminando descarte de resíduos segundo o que trata a Química Verde.

ABSTRACT

In paint and varnish chemical industries, purchasing organic solvents represent a large part of the raw material costs. However, the use of these solvents is indispensable and there are a variety of applications for them, such as a simple cleaning of tools and machines or even as an essential component within an end product formulation, for example, the paint. On the other hand, the incorrect disposal of waste produced by them results several environmental and economic impacts. Therefore, the aim of this study was to manage and reuse the waste generated by cleaning solvents in paint and varnish industries located in county of Paraíba. It was applied following the principles of Green Chemistry (eliminating 85% of its disposal by reusing them for the production of the black paste for paint, it is based on the correlation between the flash points of the residue and the slow drying solvent used on the production line). The reuse of the solvent residue was based on the similarity between the flash points of the residue and the solvent on a production line that was completely replaced by slow drying solvent, proceeding with the production of the liquid vinyl resin and then the black paste for paint. The end products were analyzed by performing quality control tests used by industries, such as drying time, film forming, gloss, viscosity, solids content, fineness of grind, color, coating and durability. Taken together, it was concluded that the black paste for paint produced by the total replacement of the solvent by the cleaning solvent residue had its characteristics approved, not only it reduced raw material costs for the industry, but it also provided environmental benefits.

Key-words: chemical industry, ink manufacture, solvents, flash point.

REFERÊNCIAS

ANATAS, P. T.; KIRCHHOFF, M. M. Origins, **Current Status, and Future Challenges of Green Chemistry**. Accounts of chemical research, v.35, n.9, p. 686-694, 2002.

ANGHINETTI, I. C. B. **Tintas, suas propriedades e aplicações imobiliárias**. 2012. Belo Horizonte, MG: UFMG, 2012. 62f. Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil). Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.

CARDOSO, F. P. **Desenvolvimento de processos de produção e avaliação do desempenho tintas para a construção civil manufaturadas com pigmentos de solos**. 2015. Viçosa, MG: UFV, 2015. 154f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, 2015.

CORRÊA, A.G.; ZUIN, V. G., “**Química Verde: Fundamentos e Aplicações**”, 1ª. ed. São Carlos: EdUFSCar, 2009.

DUFROYER, C. R; CARRIM, A. J. I. **Modelo teórico para determinação do ponto de fulgor de misturas binárias de solventes orgânicos em água**. Revista eletrônica de educação da faculdade Araguaia, v.6, p. 1-10, 2014.

FARIAS, L. A; FÁVARO, D. I. T. Vinte anos de química verde: conquistas e desafios. **Quim. Nova**, v.34, n.6, p. 1089-1093, 2011.

FAZENDA, J. M. R. “**Tintas: ciência e tecnologia**”. Ed.4, São Paulo: Blucher, 1124, 2009.

HJERESSEN, D. L.; SCHUTT, D. L.; BOESE, J. M.; J. Green Chemistry and Education. **Journal of Chemical Education**, v.77, n.12, p. 1543, 2000.

MELLO, M. C. A; LEMOS, A. D. C; NASCIMENTO, L. F. “**Gestão Socioambiental Estratégica**”. Porto Alegre. Bookman, p. 229, 2008.

NBR 11341:2008. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Disponível em: <http://www.abnt.org.br/noticias/2911-derivados-de-petroleo-determinacao-dos-pontos-de-fulgor-e-de-combustao-em-vaso-aberto-cleveland>. Acesso em 06 nov. 2017.

PEIXOTO, C. A. L. **Ajuste da cor de tintas no estado líquido**. 2016. Porto Alegre, RS: UFRS, 2016. 127f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais - PPGEM) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016.

PRADO, A. G. S. **Química verde, os desafios da química do novo milênio**. Quim. Nova, v.26, n.5, p. 738-744, 2003.

TITÂNIO. DNPM – Departamento nacional de produção mineral. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/titanio-sumario-mineral-2014>. Acesso em 06 nov. 2017.

RABELO, A. R. **Otimização de resíduo de borra de tinta e solvente no processo produtivo industrial, com enfoque na produção mais limpa (p + I). Estudo de caso da empresa anjo química do brasil Ltda**. 2009. Criciúma, SC: UNESC, 2009. 75f. Monografia (Engenharia Ambiental) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, 2009.

TROST, M. B. The atom economy - a search for synthetic efficiency. **Science (New York, N.Y.)**, v.254, p. 1471-1477, 1991.

TROST, M. B. Atom Economy - A Challenge for Organic Synthesis: Homogeneous Catalysis Leads the Way. **Angewandte Chemie International**, v.34, ed.3, p. 251-363, 1995.

WINTERTON, N. Green chemistry: deliverance or distraction? **Clean Technologies and Environmental Policy**. v.18, ed.4, p. 991-1001, 2016.

YAWS, C. L. Chemical Properties Handbook for Organic and Inorganic Chemicals. **New York: McGraw-Hill Education**, p. 557, 1999.

