



## **APLICAÇÃO DA FERRAMENTA PRODUÇÃO MAIS LIMPA (P+L): ESTUDO DE CASO DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS BORRA DE TINTA COMO COPRODUTO DA RECUPERAÇÃO DE SOLVENTES.**

**ALANA FEIL <sup>(1)</sup>; PROF. MS. AMANDA GONÇALVES KIELING <sup>(2)</sup>**

(1) Engenharia Segurança do Trabalho - Unisinos – alana@sinos.net

(2) Engenharia Segurança do Trabalho - Unisinos – amandag@unisinos.br;

### **RESUMO**

Este trabalho apresenta o estudo de caso desenvolvido numa empresa de recuperação de solventes, que gera como resíduo da destilação uma borra oleosa de tintas cujo destino final é o descarte em aterro industrial. Através da ferramenta Produção mais Limpa (P+L), o objetivo foi avaliar a transformação dessa borra em uma tinta fundo serralheiro, otimizando o processo e reduzindo a geração de resíduos. Para isto, a metodologia utiliza análises quantitativa e qualitativa do resíduo em comparação às atuais tintas fundo serralheiro do mercado a fim de verificar a viabilidade da transformação do resíduo em um coproduto.

**Palavras-chave:** Produção mais Limpa, recuperação de solventes, borra de tinta.

## **APPLICATION OF CLEANER PRODUCTION (CP): CASE STUDY OF USE OF PAINT SLUDGE WASTE AS CO-PRODUCT OF THE SOLVENT RECOVERY**

### **ABSTRACT**

This work is a case study of a solvent recovery company, which generates as distillation waste an oily paint sludge which its final destination is the discard in a industrial waste landfill. Through Cleaner Production, the aim is to transform the sludge in a new paint, optimizing the process and reducing the waste generation. For that, the methodology predicts quantitative and qualitative waste analisys in comparison to the current paints of the market in order to prove if it will be a viable alternative.

**Key-words:** Cleaner Production, Solvents recovery, Paint sludge.



## 1. INTRODUÇÃO

A recuperação é a alternativa ambientalmente correta para descarte de resíduos de solventes tanto em pequenas, médias e grandes empresas. Estes resíduos são em sua maioria solventes de limpeza de tachos, de pistolas e do sistema de pintura robotizada, ou seja, solventes contaminados com tintas das mais diversas composições.

O foco de estudo do trabalho é uma central licenciada para o recebimento e recuperação desses resíduos de solventes. A fração de solventes recuperáveis chega a 75% do total de resíduos recebidos, porém, como é um processo produtivo, também gera rejeitos tóxicos que devem ser identificados e tratados da melhor forma possível.

Através de levantamentos quantitativos e qualitativos do processo de recuperação e dos resíduos gerados, é possível adotar as técnicas da Produção mais Limpa para minimização e reutilização do resíduo gerado, em especial a borra de tinta como um coproduto da empresa em estudo.

### 1.1. Situação Problema

A recuperação de um solvente “sujo” é realizada através de um equipamento chamado destilador, que aquece, evapora e condensa apenas a fração mais leve, que é o solvente. No fundo da panela de destilação ficam contidos os dois principais resíduos do processo: a borra oleosa de tinta e a borra seca.

Essas duas frações de borra são tratadas como perdas geradas no processo produtivo, que devem ser identificadas e quantificadas e fim de retornar como um coproduto do processo, reduzindo custos de destinação do resíduo e o consumo de insumos como água e energia.

### 1.2. Objetivo

O objetivo do trabalho é a aplicação de técnicas da Produção mais Limpa a fim de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, através da não-geração, minimização ou reciclagem de resíduos gerados em um processo produtivo.



Especificamente, a atenção é dada para o resíduo borra de tinta que representa 30% nas perdas de produção, com o objetivo da recuperação do mesmo para fabricação de uma tinta específica chamada de “fundo serralheiro” que entrará como um coproduto do processo, passando de passivo ambiental para matéria prima que poderá gerar benefícios ambientais e econômicos para a empresa.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

### 2.1. Produção mais Limpa (P+L)

A UNEP (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente) foi o primeiro órgão a criar em 1989 um programa para a Produção mais Limpa, descrito como uma abordagem preventiva para a atividade industrial. Este programa reconhece que a produção não pode ser 100% limpa, na prática sempre haverá resíduos de algum tipo durante ou no fim do processo. No entanto, busca-se fazer melhor do que no passado, contribuindo para um planeta sustentável.

Para os processos produtivos, a Produção mais Limpa inclui a conservação das matérias-primas e energia, a eliminação de materiais tóxicos ou perigosos, e a redução das emissões e resíduos na fonte. Para os produtos, a estratégia centra-se na redução dos impactos ao longo de todo o ciclo de vida dos artigos produzidos, desde a concepção de usar até a eliminação final.<sup>(1)</sup>

A definição adotada pelo UNEP<sup>(1)</sup> é que: “Produção mais Limpa é a aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva integrada a processos e produtos, a fim de reduzir os riscos para os seres humanos e o meio ambiente”.

Na abordagem convencional, chamada de “ações de fim de tubo” a preocupação está apenas na disposição dos resíduos e o seu tratamento. Já na Produção mais Limpa este conceito vai além, ela integra os objetivos ambientais ainda nos processos de produção, a fim de reduzir, minimizar ou reutilizar os resíduos.<sup>(2)</sup>

Na Tabela 1 apresenta-se uma comparação entre as duas técnicas.



Tabela 1 – Comparação entre técnicas de produção.

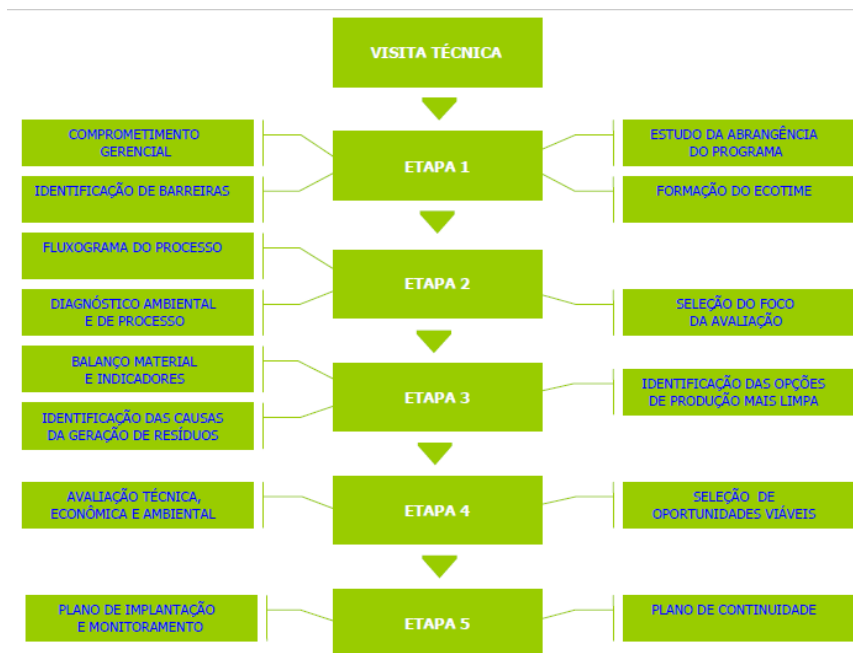
TÉCNICAS DE FIM DE TUBO	PRODUÇÃO MAIS LIMPA
Pretende reação.	Pretende ação.
Os resíduos, os efluentes e as emissões são controlados através de equipamentos de tratamento.	Prevenção da geração de resíduos, efluentes e emissões na fonte. Procurar evitar matérias primas potencialmente tóxicas.
Proteção ambiental é um assunto para especialistas competentes.	Proteção ambiental é tarefa para todos.
A proteção ambiental atua depois do desenvolvimento dos processos e produtos.	A proteção ambiental atua como uma parte integrante do design do produto e da engenharia de processo.
Os problemas ambientais são resolvidos a partir de um ponto de vista tecnológico.	Os problemas ambientais são resolvidos em todos os níveis e em todos os campos.
Não tem preocupação com o uso eficiente de matérias primas, água e energia.	Uso eficiente de matérias primas, água e energia.
Leva a custos adicionais.	Ajuda a reduzir custos

Fonte: SENAI.RS<sup>(2)</sup>

A implantação de um programa de Produção mais Limpa em um processo produtivo segue uma metodologia específica, que prevê o planejamento e organização; pré-avaliação e diagnóstico; avaliação de PmaisL; estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental e implementação de opções e plano de continuidade.

O fluxograma apresentado na Figura 1, desenvolvido pelo SENAI-RS, exemplifica quais os passos a seguir em cada uma das etapas de implementação.

Figura 1 – Metodologia para implementação de um programa de Produção mais Limpa.



Fonte: SENAI.RS<sup>(2)</sup>



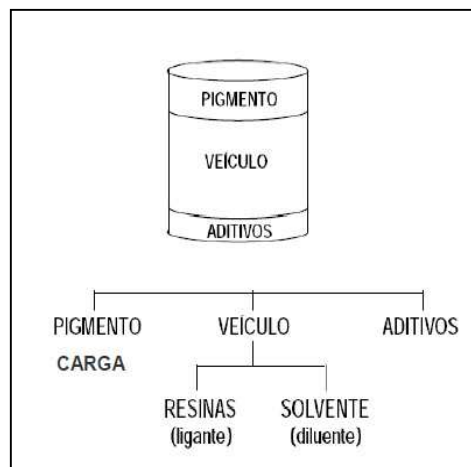
A ferramenta Produção mais Limpa pode ser aplicada em diferentes segmentos industriais, incluindo a cadeia produtiva de recuperação de solventes e de fabricação de tintas.

### 2.2. Tintas

Segundo CETESB<sup>(4)</sup> apud SILVA<sup>(3)</sup> Tinta é uma composição líquida, geralmente viscosa, constituída de um ou mais pigmentos dispersos em um aglomerante líquido que, ao sofrer um processo de cura quando estendida em película fina, forma um filme opaco e aderente ao substrato. Esse filme tem a finalidade de proteger e embelezar as superfícies.

As tintas industriais são compostas basicamente por resinas, pigmentos, aditivos e solventes, como podem ser vistos na Figura 2.

Figura 2 – Componentes de uma tinta.



Fonte: FAZANO<sup>(5)</sup>

#### 2.2.1. Pigmentos

Pigmentos são partículas sólidas, totalmente insolúveis no veículo em que permanecem em suspensão. Uma tinta normalmente é composta por muitos pigmentos que apresentam partículas muito finas, entre 0,05 e 5  $\mu\text{m}$ . Fornecem cor, opacidade e durabilidade, como resultado de sua reflexão de luz, inclusive dão brilho, dureza, consistência e lixabilidade. Os pigmentos inorgânicos de maior importância nas tintas claras é o dióxido de titânio.<sup>(6)</sup>



### 2.2.2. Resinas

Também chamada de veículo, a resina é a parte não volátil da tinta. Isaia<sup>(7)</sup> explica que ela é o aglutinante do pigmento, sendo o agente formador de filme. É responsável por transformar a tinta do estado líquido para o sólido. A resina é o componente mais importante da tinta. Sua composição tem muito valor na propriedade das tintas, pode-se citar ainda segundo Isaia<sup>(7)</sup> suas principais funções:

- Propriedades mecânicas, como a tração e elasticidade;
- Resistência ao intemperismo, como a radiação UV, água, poluentes;
- Resistência química, como a alcalinidade da argamassa; aderência e outros.

### 2.2.3. Solventes

Solventes são líquidos tóxicos e voláteis e na sua grande maioria inflamáveis que possuem a capacidade de dissolver outros materiais sem alterar suas propriedades químicas. Tem a finalidade de solubilizar a resina e conferir viscosidade adequada a aplicação. A solubilização da resina é necessária para que haja um melhor contato da tinta com o substrato, favorecendo a aderência. O uso de solventes inadequados pode causar problemas nas tintas, como a coagulação ou precipitação da tinta, perda de brilho, diminuição da resistência a água, portanto tem que haver a escolha correta dos solventes, pois muitas propriedades da tinta líquida e do seu desempenho depois de aplicada estão diretamente relacionadas com o tipo de solvente atualizado.<sup>(6)</sup>

### 2.2.4. Aditivos

Os aditivos são, geralmente, produtos químicos muito sofisticados, com alto grau de eficiência. Correspondem a menos de 5% do total da composição das tintas, entretanto têm capacidade, significativa, de mudar suas propriedades. Os aditivos dispersantes mais utilizados são poliacrilatos de sódio e de amônio. Podem ser agrupados, segundo Castro<sup>(8)</sup>, em:

- a) Secantes - material que promove a secagem;
- b) Antiespumantes – [...] impedir a formação de espumas ou bolhas na aplicação;
- c) Espessantes – Proporcionam encorpamento, viscosidade ou fluidez ao sistema;
- d) Plastificantes – tem por finalidade aumentar a flexibilidade do revestimento.



### 3. ESTUDO DE CASO – RE-SOLVE QUÍMICA LTDA

A metodologia do trabalho se desenvolve a partir de um estudo de caso da empresa Re-Solve Química Ltda, seguindo a sequência de cinco etapas desenvolvidas pela Produção mais Limpa, de uma forma adaptada para o estudo em questão conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Etapas de desenvolvimento do trabalho.

<b>ETAPA 1 – PLANEJAMENTO E ORGANIZAÇÃO</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Caracterização do Empreendimento;</li><li>• Estabelecer a abrangência da P+L;</li><li>• Identificar barreiras e soluções.</li></ul>
<b>ETAPA 2 – PRÉ AVALIAÇÃO E DIAGNÓSTICO</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Descrição do funcionamento equipamentos;</li><li>• Desenvolver fluxograma com entradas e saídas;</li><li>• Selecionar o foco da P+L.</li></ul>
<b>ETAPA 3 – AVALIAÇÃO DE P+L</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Originar um balanço de materiais;</li><li>• Conduzir uma avaliação de P+L;</li><li>• Selecionar opções de P+L.</li></ul>
<b>ETAPA 4 – ESTUDOS DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Avaliação química do resíduo;</li><li>• Avaliação econômica.</li></ul>
<b>ETAPA 5 – IMPLEMENTAÇÃO E PLANO DE CONTINUIDADE</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fluxograma com opções a serem implementadas;</li><li>• Plano de continuidade da P+L para trabalhos futuros.</li></ul>

Fonte: autor.

#### 3.1. ETAPA 1 – Planejamento e Organização

##### 3.1.1. Caracterização do Empreendimento.

A Re-Solve está a mais de 20 anos no mercado de solventes. Até o ano de 2011 contava apenas com uma unidade voltada para a venda de solventes virgens, processo que inclui somente o fracionamento, não possuindo sistema de produção.

Em 2012, foi criada a unidade foco do estudo, situada na cidade de Portão – RS, com o intuito de recuperar solventes usados de empresas dos mais diversos ramos que contam com sistema de pintura sintética.

Esta unidade possui um licenciamento de produção mensal de 30 m<sup>3</sup> de solventes recuperados. No entanto, a crescente demanda pelo serviço exige a solicitação de uma



licença ambiental de ampliação de capacidade produtiva para 150 m<sup>3</sup>/mês. Com o aumento previsto de produção, se faz necessária esta análise de redução ou minimização dos resíduos gerados.

### 3.1.2. Abrangência da P+L

Como a empresa é de pequeno porte, os responsáveis pela implementação futura do programa são o diretor e a engenheira química, formando assim, o Ecotime. Em acordo com os responsáveis, fica definido que a abrangência do P+L iniciará pelo setor mais crítico: sistema produtivo.

### 3.1.3. Identificação de barreiras e soluções

As barreiras para implementação da P+L e as soluções para cada barreira estão descritas na Tabela 3.

Tabela 3 – Barreiras e soluções na implementação da P+L.

	DESCRIÇÃO	SOLUÇÃO
<b>BARREIRA ORGANIZACIONAL</b>	Devido à ênfase excessiva na produção, o tempo e esforços necessários para executar o programa de minimização de resíduos fica em segundo plano.	Levar a gerência a perceber que com a implementação da minimização dos resíduos há uma redução nos custos com descarte, que leva a um aumento de produção.
<b>BARREIRA TÉCNICA</b>	Há falta equipamentos de infraestrutura necessários para conduzir os estudos.  Também, a área física com apenas 300 m <sup>2</sup> , inviabiliza a instalação de procedimentos de minimização dos resíduos.	Para análises simples, alguns equipamentos de monitoramento podem ser adquiridos. Já a ampliação física necessita de um plano de investimento.
<b>BARREIRA ECONÔMICA</b>	Empresa não conta com um fundo reservado para as questões ambientais e as instituições financeiras não têm demonstrado interesse em financiar medidas de redução de resíduos.	Incluir os custos ambientais na análise econômica e criar um plano de investimento.





<b>BARREIRA GOVERNAMENTAL</b>	A empresa é licenciada pela FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental). Para quaisquer alterações tanto de processo, ampliação ou modernização, é necessária uma autorização do Órgão, que além de custosa, é demorada.	Como se trata de um requisito legal, a melhor alternativa é solicitar as licenças assim que definido as ações a serem implementadas.
-------------------------------	--	--

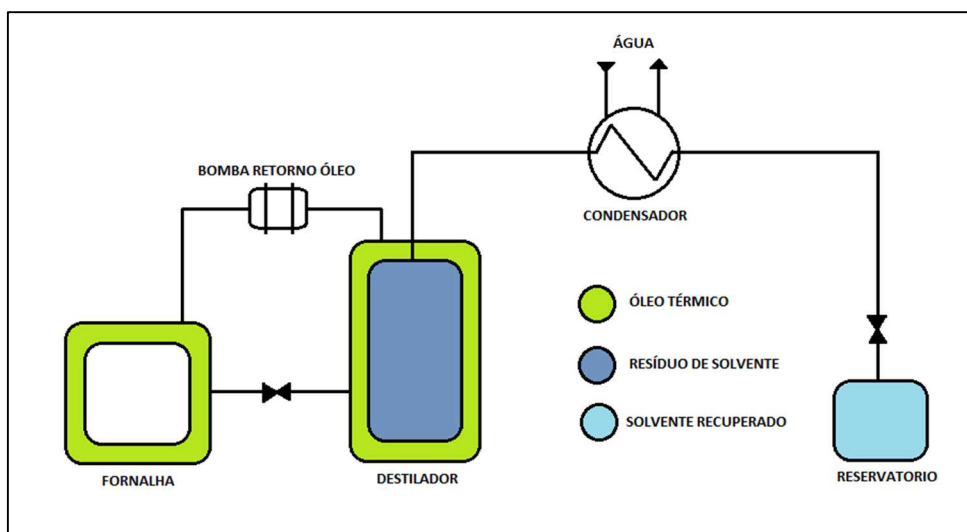
Como pôde ser visto, todas as barreiras apresentadas são de fácil solução, porém, necessitam de bom planejamento para alcançar o sucesso da P+L.

## 3.2. ETAPA 2 - Pré-avaliação e Diagnóstico

### 3.2.1. Descrição do funcionamento dos equipamentos

Os resíduos de solventes que chegam na empresa em tambores metálicos de 200 litros, inicialmente passam por uma peneira para remoção de sólidos que eventualmente tenham ficado nos tambores, em seguida são bombeados para o local de recuperação em si. Esse ambiente conta com uma fornalha, um destilador e um condensador, conforme mostra a Figura 3.

Figura 3 – Demonstração dos Equipamentos.



Fonte: autor.



Os solventes sujos são bombeados para dentro da panela de destilação onde são aquecidos de forma indireta através de uma fornalha. Com temperaturas que podem chegar aos 200 °C. As frações leves de solventes são evaporadas e condensadas, voltando ao estado líquido em forma de um solvente límpido sem perder suas propriedades.

O solvente é condensado por uma sequência de tubos com água refrigerada que trabalha em circuito fechado com um resfriador. A dita “sujeira” dos solventes fica contida no fundo da panela de destilação.

Ao fim do dia de produção, a parte líquida dos resíduos é extraída através de uma válvula contida no fundo do equipamento. Já os resíduos sólidos, são raspados da panela através de uma escotilha, a cada duas semanas em média.

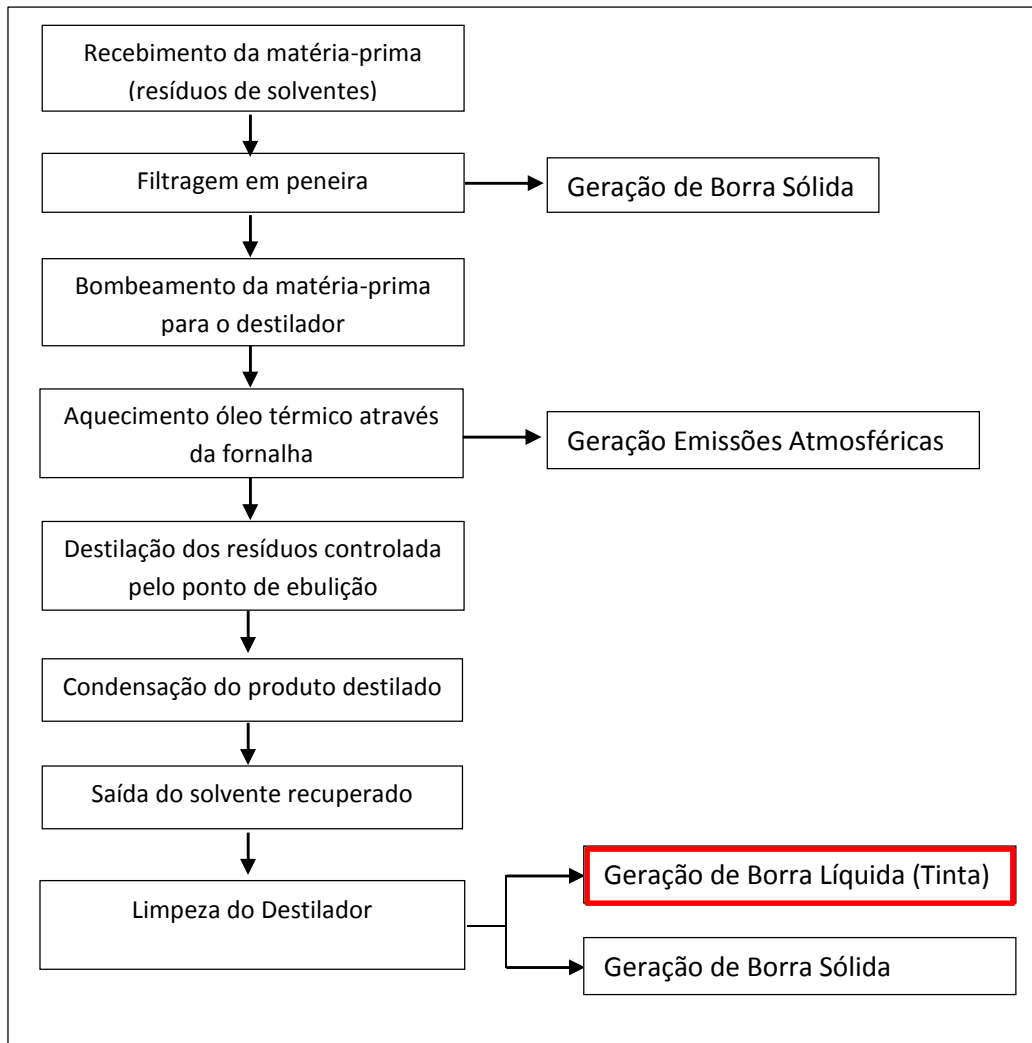
Os resíduos líquidos, são em geral uma mistura de tintas e solventes que não conseguiram evaporar devido ao seu alto ponto de ebulição. Já os sólidos são frações que grudaram na panela e com a alta temperatura solidificaram.

### **3.2.2. Fluxograma do Processo**

Como a abrangência da P+L foi definida em torno do sistema produtivo, o fluxograma também será somente do mesmo, englobando a geração de resíduos em cada etapa, conforme a Figura 4.



Figura 4 – Fluxograma do processo produtivo.



Fonte: autor.

### 3.2.3. Selecionar o foco da P+L

O foco de estudo da P+L é a geração de borra líquida que fica contida na panela de destilação ao fim da produção, conforme grifado na Figura 5. A cada batelada de resíduos de solventes que entram no destilador, a maior porção de rejeitos do processo é a borra de tinta que por ser a fração mais pesada não consegue evaporar.

Essa borra, que apresenta um aspecto de tinta, atualmente gera custos para empresa em seu descarte, que segue em pequena fração para empresas de fabricação de tintas e em maior parte para coprocessamento em fornos de cimentos, mas sempre tratada como um resíduo.



### 3.3. ETAPA 3 – Avaliação de P+L

#### 3.3.1. Balanço de Materiais

O balanço dos materiais é feito de forma aproximada, em vista que os resíduos de solventes recebidos não são sempre os mesmos, então há pequenas alterações nas quantidades recuperadas e nos rejeitos gerados.

A empresa é licenciada para recepção e produção de 30 m<sup>3</sup> de solventes contaminados por mês. O período de funcionamento é de 8 horas por dia e 22 dias por mês. A capacidade da panela de destilação é de 600 litros por batelada. Nas Tabelas 4 e 5 são apresentados a quantificação de solventes processados, e as entradas e saídas do processo de recuperação.

Tabela 4 – Quantificação dos solventes processados.

Solventes contaminados recebidos (litros/mês)	Solventes contaminados processados (litros/dia)	Bateladas processadas/dia
<b>30.000</b>	<b>1.360</b>	<b>2 a 3</b>

Tabela 5 – Quantificação de entrada e saída por batelada.

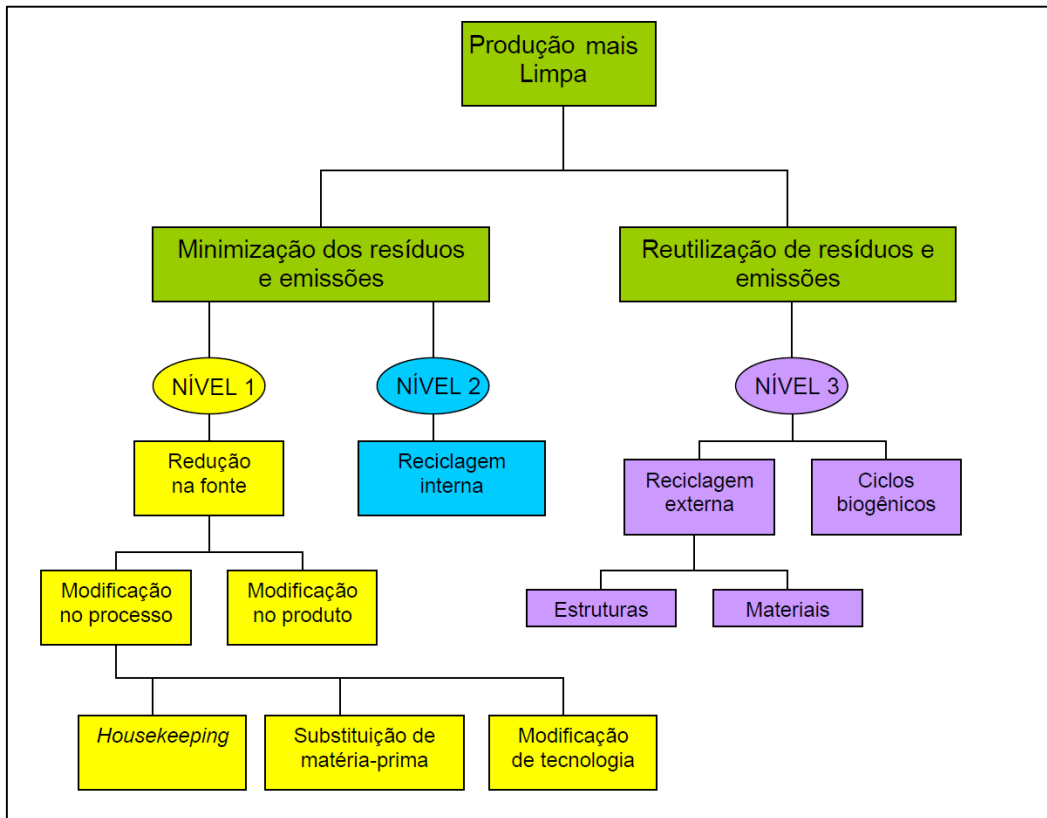
	ENTRADA	SAÍDAS		
	Entrada solvente contaminado	Solvente limpo evaporado	Borra de Tinta	Borra Sólida
Litros/Batelada	<b>600</b>	<b>480</b>	<b>90</b>	<b>30</b>
Porcentagem	<b>100%</b>	<b>80%</b>	<b>15%</b>	<b>5%</b>

#### 3.3.2. Avaliação de P+L

Através da Tabela 5, observa-se que a borra de tinta é maior fração de resíduos gerados, por isso foi escolhida como foco do trabalho. A Produção mais Limpa pode ser executada em vários níveis, conforme Figura 5.



Figura 5 – Estratégias de Produção mais Limpa.



Fonte: SENAI.RS<sup>(2)</sup>

A estratégia de ação escolhida será de nível 2, a reciclagem interna da borra de tinta.

### 3.3.3. Selecionar as opções de P+L

Para conseguir implementar a opção de reciclagem interna da borra de tinta, foram feitos dois estudos:

- Avaliação Química: Comparar a borra de tinta da empresa com as demais tintas fundo serralheiro recicladas do mercado, a fim de definir quais as correções e processos que a tinta precisa sofrer para entrar no mercado.
- Avaliação Econômica: Definir os custos de implantação do processo de fabricação de tintas. Comparar com os custos de fim de tubo de descarte.



### 3.4. ETAPA 4 – Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental

#### 3.4.1. Avaliação química do resíduo

No mercado existem dois tipos distintos de tintas fundo serralheiro, que diferem não só no preço como na qualidade. As tintas fundo serralheiro virgens tem sua formula fixa, desenvolvida com matérias-primas novas de alta qualidade para um resultado constante e duradouro.

Também, há as tintas fundo serralheiro ditas de “segunda linha”, que na verdade são as tintas recuperadas e processadas para o reingresso no mercado. Como o processo de adequação dessa tinta é de baixo custo, tem sido muito vendida para quem busca uma tinta de fundo com menor valor.

As tintas fundo, como o próprio nome diz, são apenas uma cobertura inicial da superfície, e a fundo serralheiro é a primeira camada utilizada para proteção de superfícies metálicas, como portões, grades e estruturas.

A Figura 6 mostra como a borra de tinta sai do destilador, com aspecto bem líquido, porém com sólidos contidos no fundo do tambor, que ao ser agitado altera a cor da tinta.

Figura 6 – Aspecto da borra de tinta na saída do destilador.



Fonte: Autor.



Algumas análises simples foram realizadas na própria empresa. Inicialmente foi obtido resultados para uma tinta virgem, conforme a Tabela 6, sendo o padrão base para qualquer outra tinta recuperada.

Tabela 6 – Resultado das análises para tinta fundo serralheiro virgem.

Parâmetro	Resultado
%NV (Não Voláteis)	55 %
Densidade	1,002 g/cm <sup>3</sup>
Viscosidade	90" CF4
Tempo de Secagem	30 min
Brilho	20º
Cor	Cinza Claro

Em seguida, a tinta da empresa foi comparada com outras duas amostras de tintas recuperadas vendidas no mercado, para avaliar se há semelhança nas propriedades, e quais ajustes serão necessário no resíduo borra de tinta para realmente se tornar uma tinta fundo serralheiro recuperada.

Os testes de cobertura foram realizados com 75 microns de espessura de camada úmida de tinta, e obtiveram os resultados conforme Figura 7. Neste trabalho a tinta em estudo será chamada de Padrão, e as demais de Amostra 1 e Amostra 2.

Figura 7 – Testes de cobertura para tintas fundo serralheiro recuperadas.



Fonte: Autor.



Para ser aprovada, os pictogramas presentes no papel não podem ser vistos após a aplicação. Pode-se observar que já no primeiro teste, a tinta da empresa obteve uma cobertura abaixo das demais amostras, então, este será o primeiro item a ser corrigido.

As demais análises seguiram os parâmetros realizados na tinta virgem, sendo densidade, viscosidade, não voláteis, tempo de secagem, brilho e cor. Os resultados estão descritos na Tabela 7.

Tabela 7 – Resultado das análises para tintas fundo serralheiro recuperadas.

Parâmetro	Amostra 1	Amostra 2	Padrão Re-Solve
%NV (Não Voláteis)	25 %	15 %	30 %
Densidade	0,987 g/cm <sup>3</sup>	0,897 g/cm <sup>3</sup>	0,993 g/cm <sup>3</sup>
Viscosidade	80" CF4	30" CF4	60" CF4
Tempo de Secagem	24 horas	20 min	30 horas
Brilho	60º	10º	80º
Cor	Cinza Médio	Grafite Escuro	Marron

A amostra 1 possui secagem mais lenta, brilho melhor, teor de sólidos maior, se comparada à amostra 2 e ao padrão. É uma tinta que possui boa aderência, bom brilho, mas secagem muito lenta se comparada aos fundos sintéticos novos que se tem no mercado. A secagem mais lenta desta tinta se dá pelo tipo de solvente utilizado (alifático e aromático) e ao teor de sólidos (25 %N.V). Apresentou a melhor cobertura das três amostras.

A amostra 2 tem secagem extra rápida, pois possui em sua composição solventes relativamente voláteis, como por exemplo, álcool, acetona e acetato de etila, que são perceptíveis pelo olfato.

Por outro lado, solventes com estas características tendem a deixar a textura da tinta fosca e com viscosidade muito baixa, além de reduzir o teor de não voláteis, quando em excesso. A baixa viscosidade de uma tinta pode dar problemas na aplicação, como por exemplo, escorrimento. O baixíssimo teor de não voláteis interfere na aderência ao substrato.





A amostra padrão Re-Solve possui secagem bem mais lenta que as demais e teor de não voláteis maior, o que também auxilia para retardar a secagem. Da mesma forma que a amostra 1, também possui em sua composição predominantemente solventes aromáticos e alifáticos.

Entre as três amostras, a amostra padrão é a que tem melhores características e que mais se aproxima de uma formulação de uma tinta fundo sintético serralheiro, perdendo apenas em cobertura e tempo de secagem. Possui um brilho excelente e características muito boas de viscosidade comparada às demais.

A adequação da amostra padrão Re-Solve para que a mesma possa ser comercializada como uma tinta, pode ocorrer da seguinte forma:

- a) Adição de cargas (caulim): As cargas dão corpo à tinta e ajudam a manter os pigmentos em suspensão na superfície aumentando o poder de cobertura;
- b) Moagem: Todas as amostras possuem “pontos” na aplicação que provém da própria destilação, o ideal para deixar o filme liso e sem pontos é moer a tinta em um moinho de areia e após filtrar com telas de nylon;
- c) Adição de secantes metálicos (octoatos de zinco, cálcio, manganês, cobalto): Os secantes ajudarão para que a tinta seque em um tempo bem mais rápido que o atual.
- d) Adição de pigmentos inorgânicos ou orgânicos para ajuste de coloração: Se a tinta foi utilizada da forma como sai do destilador, cada lote sairá com uma cor diferente, o ideal é misturar em um tanque todos os lotes para ter uma quantidade maior de um lote de cor padrão. Caso ocorrer necessidade de acertar a cor, deve-se somente escurecer e nunca clarear, por questões de custos.

Importante destacar que estas melhorias para adequação da tinta estão consideradas na avaliação econômica que será apresentada a seguir.



### 3.4.2. Avaliação Econômica

Atualmente é gerado cerca de 1 m<sup>3</sup>/mês de borra de tinta, que é encaminhado para descarte na técnica fim de tubo ao custo de R\$ 700,00 por mês.

A avaliação econômica foi desenvolvida para uma batelada mensal de 1m<sup>3</sup> de tinta produzida. Para isto, a partir da análise química, a formulação da tinta fundo serralheiro escolhida pela empresa para produção é composta conforme Tabela 8.

Tabela 8 – Formulação da tinta fundo serralheiro.

Matéria-Prima	Porcentagem
Resíduo Borra de Tinta	67 % (em volume)
Carga (Caulin)	30 % (em peso)
Aditivos (Secantes)	3% (em volume)

O cálculo de quantidade carga adicionada é obtido através de 30% em peso sobre o volume de borra de tinta, então, é preciso utilizar a densidade obtida na análise química, conforme formula abaixo:

$$0,993 \frac{kg}{l} \times 1000 l = 993 kg \text{ de borra de tinta} \quad (A)$$

$$993 kg \text{ borra de tinta} = 100\% \quad (B)$$

$$x \text{ kg carga} = 30\% \quad (C)$$

$$x = 297,9 Kg \text{ de carga (caulin)} \quad (D)$$

Então, as quantidades de matéria prima para a batelada de 1 m<sup>3</sup> proposta por mês, está disposta na Tabela 9.

Tabela 9 – Composição da tinta fundo serralheiro.

Matéria-Prima	Quantidade
Resíduo Borra de Tinta	670 Litros
Carga (Caulin)	297,9 Kg
Aditivos (Secantes)	30 Litros



Os valores do caulim, secantes e baldes de 18 litros para armazenamento do produto foram cotados em três fornecedores diferentes, sendo que os menores obtidos geram o valor de matéria-prima conforme a Tabela 10.

Tabela 10 – Composição de preços de matéria prima.

Matéria Prima	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Resíduo Borra de Tinta	670 Litros	0,30 R\$/Litro	R\$ 201,00
Carga (Caulin)	297,9 Kg	0,50 R\$/Kg	R\$ 148,95
Aditivos (Secantes)	30 Litros	18,00 R\$/Litro	R\$ 540,00
Baldes Plasticos 18 Litros	56 unidades	12,00 R\$/unidade	R\$ 672,00
Rótulos	56 unidades	0,30 R\$/unidade	R\$ 16,80
<b>TOTAL</b>			<b>R\$ 1.578,75</b>

O valor total obtido pela Tabela 9 é relativo a batelada de 1 m<sup>3</sup>. Calculando por litro de tinta produzido temos o valor de R\$ 1,578.

O preço comercial de venda gira em torno de R\$ 65,00 o balde de 18 litros, ou seja, R\$ 3,60 por litro. A porcentagem de imposto e custo fixo englobado no preço do produto seguem os dados fornecidos pela empresa. Então, o lucro presumido por litro de tinta produzida, é apresentado na Tabela 11.

Tabela 11 - Lucro por litro de tinta produzida.

Item	Valor
Preço de Venda	+ R\$ 3,60
Matéria Prima	- R\$ 1,578
Impostos (8,86%)	- R\$ 0,3189
Custo Fixo (20%)	- R\$ 0,72
<b>TOTAL = LUCRO</b>	<b>R\$ 0,9831</b>

Então, para 1000 litros de tinta vendida por mês, temos um lucro de R\$ 983,10.

Porém, ainda temos que considerar o investimento inicial com o maquinário. É preciso comprar um dispersor, um moinho de areia e dois tachos para a moagem, além de um compressor para o moinho. Todas as cotações foram feitas através de maquinário usado, que reduz os custos. Também, foi considerado o custo com licenciamento



ambiental, que é feito a cada quatro anos. A Tabela 12, mostra o valor total em investimento.

Tabela 12 - Investimento em maquinário.

Item	Valor
Moinho de Areia	R\$ 10.500,00
Dispensor	R\$ 4.500,00
Tachos para moagem	R\$ 2.000,00
Compressor 15 HP	R\$ 2.000,00
Licenciamento Ambiental	R\$ 1.500,00
<b>TOTAL INVESTIMENTO</b>	<b>R\$ 20.500,00</b>

O tempo para o retorno do investimento é descrito na equação (E).

$$R\$ 20.500,00 \text{ (investimento)} \div R\$ 983,10 \left( \frac{\text{lucro}}{\text{mês}} \right) \cong 21 \text{ meses} \quad (E)$$

Considerando o valor gasto com a técnica fim de tubo, o tempo para retorno de investimento pode ser reduzido consideravelmente conforme as equações (F) e (G).

$$R\$ 700,00 \text{ (fim de tubo)} + R\$ 983,10 \left( \frac{\text{lucro}}{\text{mês}} \right) = R\$ 1.683,10 \quad (F)$$

$$R\$ 20.500,00 \text{ (investimento)} \div R\$ 1.683,10 \left( \frac{\text{retorno}}{\text{mês}} \right) \cong 12 \text{ meses} \quad (G)$$

Concluindo a análise financeira nota-se que a produção de um coproduto associada a não geração de resíduos de descarte proporciona um bom resultado financeiro, e que o retorno de investimento acontece a um prazo relativamente curto, em cerca de um ano de venda das tintas recuperadas.

### 3.5. ETAPA 5 – Implementação e Plano De Continuidade

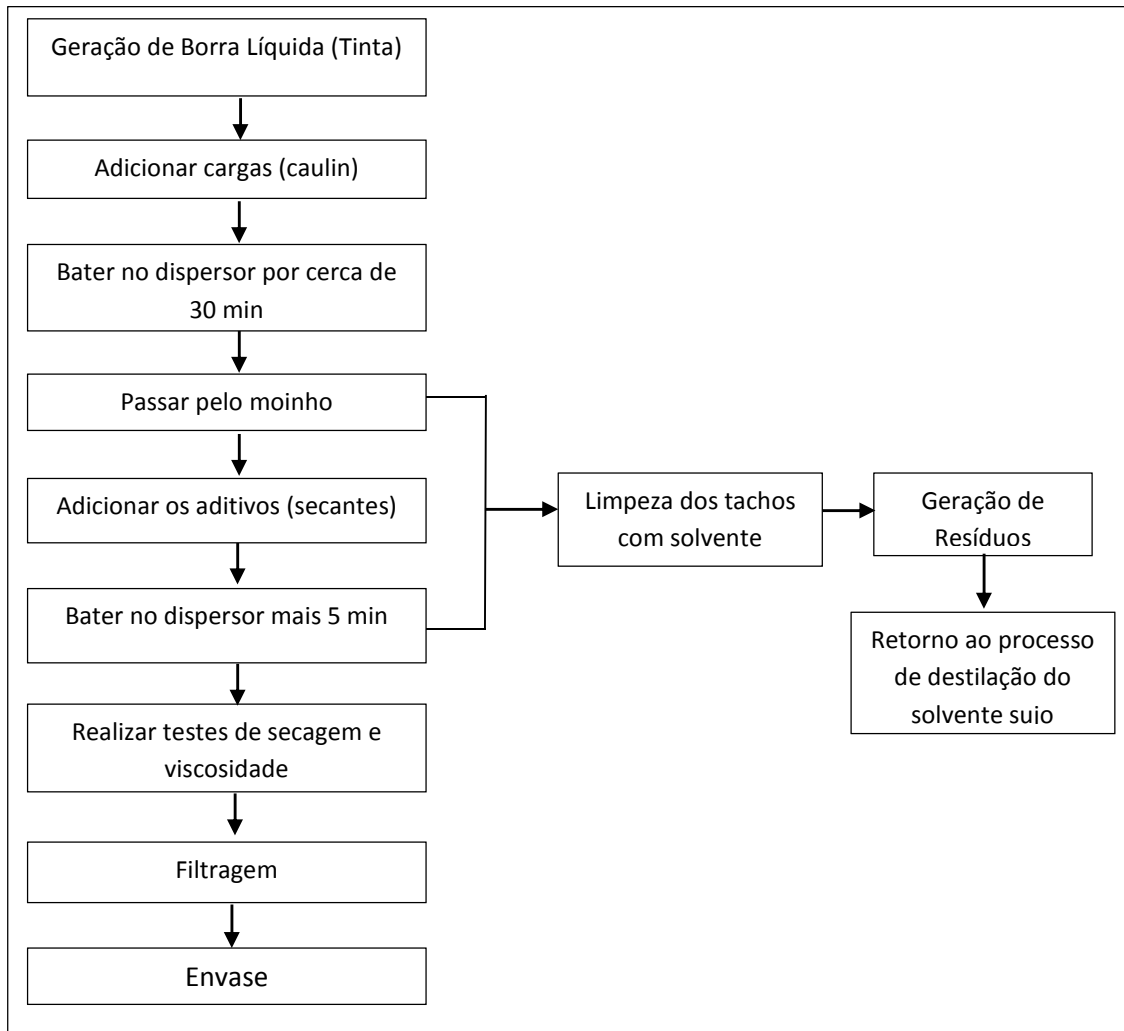
#### 3.5.1. Fluxograma com opções a serem implementadas.

Com a implementação da Produção mais Limpa, o fluxograma da empresa, apresentado na Figura 4, ganha um novo processo produtivo a partir da geração da borra líquida de



tinta. Conforme observado na Figura 8, todo resíduo sólido gerado na produção é basicamente solvente sujo, que retorna ao equipamento inicial para nova destilação.

Figura 8 – Fluxograma após implementação da Produção mais Limpa.



Fonte: autor.

### 3.5.2. Plano de continuidade da P+L para trabalhos futuros

Tendo em vista a continuidade de implementação da P+L, um segundo estudo pode ser feito em torno da borra sólida que fica presa nas paredes do destilador. Esse resíduo é gerado em pouca quantidade mensal, porém, se torna interessante desenvolver técnicas para redução ou minimização de qualquer resíduo gerado.

Em uma análise preliminar, essa borra sólida pode ser moída em forma de pó e se tornar carga a ser adicionada a tinta fundo serralheiro. Também, há a opção de estudar sua incorporação na fabricação de asfalto de baixo custo.



Outro estudo a ser realizado diz respeito as emissões atmosféricas geradas pela fornalha. Seria interessante desenvolver uma análise custo/benefício do sistema a lenha em comparação com o uso de resistências elétricas. Para o sistema a lenha, também existem mecanismos de controle que devem ser levados em conta na análise.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O trabalho foi realizado seguindo a metodologia da Produção mais Limpa desenvolvida pelo SENAI.RS.<sup>(2)</sup>, que têm cinco etapas bem desenvolvidas.

Na Etapa 1 – Planejamento e Organização, foi caracterizado o empreendimento e processo de recuperação dos resíduos de solventes. A abrangência da P+L, foi definida somente para o processo produtivo e os resíduos gerados no mesmo. Todas as modificações propostas geram barreiras, tanto econômicas, físicas ou operacionais, que foram identificadas e conclui-se que são de fácil solução na implementação.

Seguindo, a Etapa 2 – Pré Avaliação e Diagnostico, o funcionamento do processo produtivo de recuperação de solventes foi descrito, e um fluxograma de entradas e saídas desenvolvido para selecionar o foco da P+L, ou seja, a geração da borra líquida de tinta.

Já na Etapa 3 – Avaliação de P+L, o balanço de materiais quantificou as entradas de resíduos de solventes e as saídas do solvente recuperado e a geração das borras líquidas e sólidas. Também, a estratégia de P+L aplicada foi de nível 2, que sugere a reciclagem interna dos resíduos gerados no processo.

A Etapa 3 – Estudos de Viabilidade, pode ser concluída como a etapa mais importante, sendo que a recuperação da borra foi analisada quanto a viabilidade de se tornar uma tinta fundo serralheiro. Quimicamente, a borra de tinta necessita apenas de alguns ajustes na sua formulação, para criar uma película lisa e de rápida secagem.

Na análise econômica, os valores necessários para este ajuste químico, mostraram que o investimento com maquinário e demais insumos, tornam a fabricação da tinta fundo serralheiro uma opção viável.



A Etapa 5 – Implementação e Plano de Continuidade, exemplificou o fluxograma do processo de reciclagem interna da borra de tinta, mostrando que praticamente nenhum resíduo não recuperável é gerado nesta opção de P+L.

Dessa forma, a ferramenta Produção mais Limpa para o estudo de caso apresentado, se torna uma opção viável de ser implementada junto a recuperação de solventes. A fabricação da tinta fundo serralheiro, além de minimizar os resíduos de processo, gera um resultado econômico favorável com a venda da mesma.

Para ser mantido a proposta do trabalho, é necessário garantir o bom gerenciamento da ferramenta P+L, e desenvolver sempre o melhoramento contínuo da mesma.

### 5. REFERÊNCIAS

- (1) UNEP IE (United Nations Environment Programme – Industry and Environment). **Cleaner Production: a training resource package**. Paris: United Nation Publication, 1996.
- (2) SENAI.RS. **Implementação de Programas de Produção mais Limpa**. Porto Alegre, Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI-RS/UNIDO/INEP, 2003. 42p. il.
- (3) SILVA, Queli Viviana da. **Análise da aplicação de ferramentas de P+L em uma empresa de tintas imobiliárias**. São Leopoldo: Unissinos, 2010. Dissertação (mestrado) Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2010.
- (4) CETESB. Tintas e Vernizes. **Guia Técnico Ambiental Tintas e Vernizes**. Série P+L, 2006.
- (5) FAZANO, C.T.V. **Tintas - Métodos de controle de pinturas e superfícies**. São Paulo: Hemus Editora Limitada, 1995, 321 p.
- (6) FAZENDA, J.M.R. **Tintas e Vernizes Ciência e Tecnologia**. ABRAFATI. 4 ed. São Paulo: Blucher, 2009.
- (7) ISAIA, G.C. **Materiais de Construção Civil e princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 2 ed. São Paulo: IBRACON, 2010. 2v.
- (8) CASTRO, C.D. **Estudo da influência das propriedades de diferentes cargas minerais no poder de cobertura de um filme de tinta**. Porto Alegre: UFRGS, 2009. Tese (Doutor em Engenharia) Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.