



Faculdade de Pindamonhangaba



**BEATRIZ DOS SANTOS**

**JOSÉ ALEXANDRE DOS SANTOS**

**JOSÉ VERCIANO FERREIRA DE MELO**

**PURIFICAÇÃO DO ÁLCOOL ETÍLICO APÓS LIMPEZA DE  
EQUIPAMENTO METÁLICO CONTAMINADO COM  
POLIURETANO ADESIVO**

**PINDAMONHANGABA-SP**

**2017**



**BEATRIZ DOS SANTOS**

**JOSÉ ALEXANDRE DOS SANTOS**

**JOSÉ VERCIANO FERREIRA DE MELO**

**PURIFICAÇÃO DO ÁLCOOL ETÍLICO APÓS LIMPEZA DE  
EQUIPAMENTO METÁLICO CONTAMINADO COM  
POLIURETANO ADESIVO**

Projeto referente ao Trabalho de conclusão de Curso como requisito parcial para a conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Processos Químicos da Fundação Universitária Vida Cristã.

Orientador: Prof. Esp. Wlamir Gomes da Silva Braga

**PINDAMONHANGABA-SP**

**2017**

Melo, José Verciano F. de ; Santos, Beatriz dos ; Santos, José Alexandre dos  
Purificação do álcool etílico após limpeza de poliuretano adesivo em  
equipamento metálico / Beatriz dos Santos; José Alexandre dos Santos;  
José Verciano F. de Melo / Pindamonhangaba-SP : FUNVIC Fundação  
Universitária Vida Cristã, 2017.

32f. : il.

Monografia (Graduação em Tecnologia em Processos Químicos) FUNVIC-SP

Orientador: Prof. Esp. Wlamir da Silva Braga

1 Purificação. 2 Reaproveitamento do álcool etílico. 3 Filtração. 4 Destilação.

I Purificação do álcool etílico após limpeza de poliuretano adesivo em  
equipamento metálico. II José Verciano F. de Melo; Beatriz dos Santos; José  
Alexandre dos Santos.



**BEATRIZ DOS SANTOS**

**JOSÉ ALEXANDRE DOS SANTOS**

**JOSÉ VERCIANO FERREIRA DE MELO**

**PURIFICAÇÃO DO ÁLCOOL ETÍLICO APÓS LIMPEZA DE  
EQUIPAMENTO METÁLICO CONTAMINADO COM POLIURETANO ADESIVO**

Projeto apresentado como requisito para obtenção do Diploma de Tecnólogo pelo Curso Superior de Tecnologia em Processos Químicos da Fundação Universitária Vida Cristã.

Data: \_\_\_\_\_

Resultado: \_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. \_\_\_\_\_ Faculdade de Pindamonhangaba

Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. \_\_\_\_\_ Faculdade de Pindamonhangaba

Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. \_\_\_\_\_ Faculdade de Pindamonhangaba

Assinatura: \_\_\_\_\_

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, por ter nos dado saúde e força para superar as dificuldades.

À Faculdade de Pindamonhangaba, seu corpo docente, direção e administração que possibilitaram a oportunidade a qual hoje vislumbramos no horizonte, apoiada no firme alicerce da confiança, mérito e ética aqui presentes.

Ao Professor Esp. Wlamir Gomes da Silva Braga, pela orientação, apoio e confiança dedicados à elaboração deste trabalho.

Aos nossos pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

Nossos agradecimentos aos amigos, colegas e companheiros de trabalho que fizeram parte da formação e que vão continuar, com certeza, presentes em nossas vidas.

O futuro pertence àqueles que acreditam  
na beleza de seus sonhos.

Eleanor Roosevelt

## RESUMO

Atualmente no mundo com uma incontável variedade de indústrias e seus diversos ramos de atividades, o uso de solventes por elas utilizados, vem sendo cada vez mais constantes, levando a maioria dos solventes, a serem descartados de maneira inadequada, tornando-os potenciais agressores ao meio ambiente. Desta forma deve-se então conscientizar da grande importância de buscar incansavelmente meios de minimizar essa agressão causada diariamente pelo homem ao meio ambiente. Através de métodos simples e fáceis como a filtração e/ou destilação esses solventes que antes seriam descartados podem ser reaproveitados, tanto para serem destinados a outros fins como por exemplo limpeza de superfícies ou instalações como também dependendo do grau da purificação, voltar a ser utilizado no processo original que o tornou impuro. Este estudo teve como objetivo propor um sistema de purificação e reaproveitamento do álcool etílico utilizado na limpeza de equipamentos metálicos após o uso com poliuretano adesivo. Espera-se desse modo, chamar a atenção para a importância em se evitar desperdícios colaborando dessa maneira tanto para a saúde financeira da indústria como para a manutenção de todo o meio ambiente.

Palavra-chave: Purificação. Reaproveitamento do álcool etílico. Filtração. Destilação.

## **ABSTRACT**

Nowadays in the world with countless industries and their various branches of activity, the use of solvents used by them, are becoming more and more constant, causing most solvents to be discarded in an inadequate way, making them aggressors environment. In this way, it is important to be aware of the great importance of seeking tirelessly means to minimize this aggression caused daily by man to the environment. By simple and easy methods such as filtration and / or distillation, these solvents which would previously have been discarded may be reused for use in other purposes such as cleaning surfaces or installations as well as depending on the degree of purification, to be reused in the original process that made it impure. This study aimed to propose a system for the purification and reuse of the ethyl alcohol used in the cleaning of metallic equipment after the use of adhesive polyurethane. It is hoped in this way to draw attention to the importance of avoiding waste by collaborating in this way both for the financial health of the industry and for the maintenance of the entire environment.

**Keyword:** Purification. Reutilization of ethyl alcohol. Filtration. Distillation.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Laboratório de química da FUNVIC.....	19
Figura 2 – Filtração simples.....	20
Figura 3 – Filtração a vácuo.....	20
Figura 4 – Resultado da filtração simples.....	21
Figura 5 – DR/890 Colorimeter.....	21
Figura 6 – Alcoômetro.....	21
Figura 7 – Aparelhagem utilizada para realização da destilação fracionária .....	22
Figura 8 – Álcool etílico destilado.....	22
Figura 9 – Resultado da filtração a vácuo.....	23
Figura 10 – Álcool etílico antes da filtragem (80° GL).....	24
Figura 11 – Álcool etílico após a filtragem (80° GL).....	24
Figura 12 – Destilação do álcool com impurezas.....	24
Figura 13 – Destilação do álcool filtrado.....	24
Figura 14 – Álcool filtrado a destilação.....	25
Figura 15 – Peça antes da limpeza com álcool purificado.....	25
Figura 16 – Peça após limpeza com álcool purificado.....	25
Figura 17 – Croqui do sistema.....	27
Figura 18 – Croqui da área.....	28

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Coleta de dados após a filtração simples.....	23
Tabela 2 – Orçamento dos materiais necessários para a execução do projeto.....	29
Tabela 3 – Custo mensal com o álcool.....	29
Tabela 4 – Tempo para retorno do investimento.....	30

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	13
<b>2.1</b>	<b>Solventes</b> .....	13
<b>2.2</b>	<b>Álcool etílico</b> .....	14
<b>2.3</b>	<b>Informações toxicológicas</b> .....	14
<b>2.4</b>	<b>Cuidados a serem tomados</b> .....	15
<b>2.5</b>	<b>Ações a serem tomadas quando o produto entrar em combustão</b> .....	15
<b>2.6</b>	<b>Poluição</b> .....	15
<b>2.7</b>	<b>Resíduo</b> .....	16
<b>2.8</b>	<b>Gerenciamento de resíduos</b> .....	16
<b>2.9</b>	<b>Principais formas de recuperação</b> .....	17
<b>2.10</b>	<b>Filtração</b> .....	17
2.10.1	FILTRAÇÃO SIMPLES.....	18
2.10.2	FILTRAÇÃO A VÁCUO.....	18
<b>2.11</b>	<b>Destilação</b> .....	18
<b>3</b>	<b>MÉTODOS</b> .....	19
<b>3.1</b>	<b>Materiais e reagentes</b> .....	19
<b>3.2</b>	<b>Coleta de dados</b> .....	20
<b>4</b>	<b>RESULTADO</b> .....	23
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	26
<b>5.1</b>	<b>Sistema proposto para o reaproveitamento do álcool etílico</b> .....	26
<b>5.2</b>	<b>Croqui do sistema de reaproveitamento do álcool etílico</b> .....	26
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	31
	<b>Referências</b> .....	32

## 1 INTRODUÇÃO

Os solventes são amplamente usados nas atividades industriais e laboratoriais, sendo a maioria deles prejudiciais ao meio ambiente se descartados de forma inadequada. O álcool etílico quando usado na limpeza de materiais sujos como polímeros, apresenta uma grande quantidade de impurezas, tornando-o assim descartável.

“Deve-se observar que a não recuperação de solventes acarreta, geralmente, um maior custo em termos de tratamento de efluentes e um desperdício de material que poderia ser reaproveitado” (SANSEVERINO, 2000).

Através dos processos de destilação simples ou evaporação, ocorre a separação do solvente dos contaminantes, que praticamente voltam as suas condições originais. Este processo somado ao tratamento final dos produtos garante que estes possam voltar ao mercado consumidor com qualidade e garantia total de sua reutilização. (SCHNEIDER; OLIVEIRA, 2006).

O presente estudo visa a purificação do álcool etílico através dos métodos de destilação e filtração com o objetivo de sua reutilização.

A recuperação do álcool após limpeza de poliuretano adesivo usado em equipamento metálico nas indústrias, teve como meta específica as etapas: realizar testes laboratoriais para desenvolver técnicas de recuperação de solventes, discutir as consequências do uso do solvente nas indústrias, executar a purificação do álcool etílico mantendo as suas características iniciais.

Dependendo do grau de recuperação do álcool, ele pode retornar ao processo original no qual foi utilizado anteriormente ou servir para outros fins como por exemplo limpeza de materiais ou superfícies.

Por meio da filtração obteve-se um álcool com uma coloração amarelo-clara, sem sólidos suspensos e com a mesma concentração alcoólica do produto antes da realização da filtração. Já por meio da destilação fracionária o álcool apresentou características excelentes, podendo ser comparado ao álcool comercializado no mercado.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Solventes

Solvente é uma substância química ou uma mistura líquida de substâncias químicas capaz de dissolver outro material de utilização industrial. Geralmente o termo “solvente” se refere a um composto de natureza orgânica. Apesar da diversidade de composições químicas, os solventes têm propriedades comuns: são compostos líquidos lipossolúveis, normalmente são voláteis, são muitos inflamáveis e produzem importantes efeitos tóxicos (RUPPENTHAL, 2013).

A maioria das indústrias empregam solventes em alguns de seus processos de fabricação. Geralmente, são utilizados como veículos para aplicar determinados produtos, tais como pintura, vernizes, lacas, tintas, adesivos, como também em processos de eliminação é o caso dos desengraxantes e agentes de extração (RUPPENTHAL, 2013).

A indústria química emprega solventes para realizar determinados processos e reações entre substâncias previamente dissolvidas ou suspensas em seu interior. Algumas vezes são usados como reativos de partida ou como compostos intermediários de sínteses químicas (RUPPENTHAL, 2013).

Os solventes usados na indústria podem ser arrançados em grupos de acordo com o sistema de classificação química. As propriedades toxicológicas tendem a ser similares dentro de um mesmo grupo, a exemplo da toxicidade hepática provocada por todos os clorados. A estrutura básica é composta de alifáticos, alicíclicos e aromáticos, e os grupos funcionais incluem os halogênios, álcoois, cetonas, glicóis, éteres, ésteres, ácidos carboxílicos, aminas e amidas (RIBEIRO, 2010).

Os solventes podem ser amplamente classificados como aquosos ou orgânicos e dentro de cada classificação, são necessárias subdivisões para esclarecer diferenças na estrutura e nas propriedades físicas (ENVIRONMENTAL HEALTH UNIT, 2002).

Os solventes orgânicos, por exemplo, podem ser classificados de acordo com seus grupos químicos, de acordo com a configuração dos átomos de hidrogênio e carbono e de acordo com a presença de diferentes grupos funcionais. Alguns exemplos de solventes orgânicos são: hexanos, ésteres, álcoois (álcool etílico), cetonas (acetona), aldeídos (formaldeídos), entre outros. Solventes com grupos químicos diferentes apresentam características diferentes entre si, entretanto, nos solventes de mesmo grupo químico, as

propriedades se alteram ligeiramente com o aumento da massa molar dos solventes (ENVIRONMENTAL HEALTH UNIT, 2002).

## 2.2 Álcool etílico

O álcool etílico, também chamado etanol apresenta a fórmula molécula  $C_2H_6O$ , sendo obtido pela fermentação da cana-de-açúcar, mandioca, milho, batata, etc (UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA, 2012).

De acordo com Solomons (1983 p. 602) são exemplo de algumas das propriedades físico-químicas do álcool etílico:

- Ponto de fusão  $-114^{\circ} C$ ;
- Ponto de ebulição  $78,3^{\circ} C$ ;
- Massa específica  $0,792 g/cm^3$  e
- Solubilidade em água  $\infty$ .

## 2.3 Informações toxicológicas

A inalação é a primeira rota de entrada da exposição ocupacional a solventes, visto que são líquidos voláteis e os seus vapores são lipossolúveis e, facilmente atravessam a membrana alvéolo-capilar pulmonar (RUPPENTHAL, 2013).

O índice de retenção (percentual do conteúdo inalado que é retido e absorvido) para a maioria dos solventes orgânicos varia de 40 a 80% em repouso. No processo de trabalho, em virtude do aumento da atividade física e aumento da ventilação pulmonar, a quantidade de solvente inalado e retido aumenta substancialmente atingindo de duas a três vezes mais do que em repouso (RIBEIRO, 2010).

Como a pele tem uma camada lipídica e uma grande área superficial, a absorção cutânea é facilitada devido à solubilidade lipídica dos solventes orgânicos nas superfícies expostas. Entretanto, essa absorção também é determinada pela solubilidade e volatilidade dos solventes. Os solventes que são solúveis em lipídios e água são mais facilmente absorvidos através da pele. Os altamente voláteis são menos absorvidos, porque tendem a evaporar rapidamente antes de adentrarem a pele (RIBEIRO, 2010).

## **2.4 Cuidados a serem tomados**

Evitar contato com o líquido e o vapor. Deixar longe do calor, fagulhas e fogo. Não estocar perto de oxidantes fortes e peróxidos inorgânicos. Usar luvas, botas e roupa de borracha butílica ou natural e máscara de respiração autônoma (JAFELICCI; RODRIGUES, 2013).

## **2.5 Ações a serem tomadas quando o produto entrar em combustão**

Extinguir com pó químico seco, espuma ou dióxido de carbono. Esfriar os recipientes expostos com água, o vapor pode explodir se a ignição for em uma área fechada (JAFELICCI; RODRIGUES, 2013).

## **2.6 Poluição**

Os solventes possuem um papel importantíssimo na indústria. Cerca de 50 ou mais solventes estão disponíveis no mercado em grande escala, para uma enorme variedade de aplicações, tais como: processos de extração, matéria-prima para fabricar outros produtos químicos, propelentes em aerossóis, indústria de tintas, cosméticos, etc (KAKABASE, 1984).

Recuperação e descarte de solventes são tópicos fundamentais que possuem relevantes aspectos econômicos e ambientais. Deve-se observar que a não recuperação de solventes acarreta, geralmente, um maior custo em termos de tratamento de efluentes e o desperdício de um material que poderia ser reaproveitado (SANSEVERINO, 2002).

A falta de conhecimento no gerenciamento de resíduos químicos leva a graves danos ambientais, os quais podem ser prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente (LE MOS; NASCIMENTO; MELLO, 2002).

O controle da poluição tem sido um dos maiores desafios ambientais do mundo atual. O reconhecimento de que a ação do homem contribui para a deterioração do meio ambiente e dos recursos naturais tem sido comum, fazendo com que os países, tanto desenvolvidos quanto em desenvolvimento, busquem alternativas em relação à restauração do meio ambiente natural. (LE MOS; NASCIMENTO; MELLO, 2002).

Recentemente vem crescendo o interesse pela Química Limpa, através da qual as indústrias estão gradualmente trocando processos tradicionais por tecnologias ambientalmente corretas, sendo que as instituições de ensino e pesquisa estão montando programas de

gerenciamento de resíduos. Essas atitudes são essenciais para que os danos ambientais e os riscos à saúde sejam minimizados. A implementação destes programas possibilita que os resíduos recuperados possam não somente ser sucessivamente reutilizados no mesmo processo em que foram gerados, como também serem transformados em matéria prima (GERBASE; GREGÓRIO; CALVETE, 2006).

Segundo Lau e Koenig (2001), há dois tipos de impactos causados pelos solventes orgânicos. Um grupo inclui as emissões de solventes para a atmosfera e o outro grupo inclui os danos causados pela fase líquida que polui as águas superficiais, subterrâneas, marinhas e o solo. O primeiro passo para um programa de gerenciamento de solventes é realizar um inventário de solventes. Esse inventário tem por objetivo quantificar o uso e separar o insumo em outras partes, como thinners, seladores e diluentes. Esse processo auxilia na identificação das maiores áreas de consumo dentro da empresa. O inventário envolve: total de solvente comprado, total de solventes não emitidos, isto é, o solvente destinado para recuperação e reuso, emissão total de solventes. Com a reutilização de solventes, pode-se diminuir impactos ambientais, obter economia na gestão de recursos e redução de riscos na gestão de resíduos.

## **2.7 Resíduo**

Substância (sólida, líquida ou gasosa) que sobra de uma operação ou de um processo, natural ou provocado pelo ser humano, e que é geralmente descartada, podendo ou não ser nociva à saúde humana e ao meio ambiente. Os resíduos podem ser classificados de acordo com a sua periculosidade: tóxicos, inflamáveis, inertes, perigosos, etc (NARVAES, 2012).

Os resíduos originários dos processos industriais, são geralmente poluentes capazes de contaminar água, solo e ar, e a disposição final deles deve ser feita em locais adequados para evitar a contaminação do ambiente e dos seres vivos (NARVAES, 2012).

## **2.8 Gerenciamento de resíduos**

As indústrias são, de um modo geral, as maiores geradoras de resíduos químicos e a maior parcela está concentrada no estado de São Paulo, considerada a região mais industrializada do país. De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos (ABETRE) são gerados cerca de 2,9 milhões de toneladas de resíduos industriais perigosos anualmente no país e apenas 22% recebem tratamento adequado (NOLASCO; TAVARES; BENDASSOLI, 2006).



O princípio básico do gerenciamento de resíduos é chamado de responsabilidade objetiva, ou seja, o gerador do resíduo torna-se responsável pelo mesmo. A lei 6938, de 31 de agosto de 1981, mais conhecida como Política Nacional do Meio Ambiente, estabelece que a responsabilidade objetiva dispensa a prova de culpa no caso de um possível dano ao ambiente, ou seja, para que um potencial poluidor seja penalizado, basta que se prove umnexo de causa e efeito entre a atividade desenvolvida por uma organização e um dano ambiental (MACHADO, 2002).

Quando não é possível prevenir a geração de resíduos, muitas vezes é possível minimizá-la. Na sequência, deve-se estimular o reaproveitamento do resíduo inevitavelmente gerado, o que pode ocorrer por reciclagem, recuperação ou reutilização. Reciclar é refazer o ciclo por completo, voltar à origem, é quando determinado material retorna como matéria prima ao seu processo produtivo. Recuperar é retirar do resíduo um componente energético de interesse, seja por questões ambientais, financeiras ou ambas. Já a reutilização ou reuso é quando um resíduo é utilizado, tal qual foi gerado, em um processo qualquer, dentro ou fora da unidade geradora (TAVARES, BENDASSOLI, 2006).

## **2.9 Principais formas de recuperação**

Devido ao impacto em termos de consumo de material e efeitos ambientais, os solventes têm alta prioridade na prática da química verde. Diversas operações são empregadas na recuperação e purificação de solventes. Os sólidos presentes são removidos por deposição, filtração ou centrifugação. Agentes secantes podem ser usados para remover água dos solventes, e várias técnicas de adsorção e tratamentos químicos normalmente são necessárias para retirar impurezas específicas desses compostos. A destilação fracionada muitas vezes precisa ser efetuada em diversas etapas sendo a principal operação na purificação e reciclagem de solventes, usada para separar solventes de impurezas, água e outros solventes (MANAHAN, 2012).

### **2.10 Filtração**

A filtração é o método que consiste em separar mecanicamente as partículas solidas de uma suspensão líquida com o auxílio de um meio filtrante, esses meios filtrantes podem ser: leitos granulados soltos, leitos rígidos, telas metálicas, tecidos e membranas (GOMIDE, 1924).

### 2.10.1 FILTRAÇÃO SIMPLES

Filtração simples ou natural é aquela que ocorre quando uma mistura sólido-líquido ou sólido-gás passa naturalmente por um meio filtrante, separando a fase líquida ou gasosa da fase sólida, apenas através da força da gravidade, fazendo com que o sólido fique retido no filtro (MEDEIROS, 2015).

### 2.10.2 FILTRAÇÃO A VÁCUO

Nessa filtração, não há a presença de ar no interior do kitassato e, por isso, o líquido cai em seu interior com maior velocidade. Isso acontece porque ao ligar a bomba ela retira o ar de dentro do kitassato fazendo com que o líquido caia mais rapidamente ficando apenas o material sólido retido no filtro (MEDEIROS, 2015).

## 2.11 Destilação

Segundo Kister (1990), a destilação é o processo pelo qual uma mistura (líquido ou vapor) é separada em duas correntes de composição diferentes (uma rica nos componentes mais leves, de menor ponto de ebulição, o destilado, e outra rica nos componentes mais pesados, de maior ponto de ebulição, o resíduo, por fornecimento ou remoção de calor).

Baseia-se no fato de que quando se processa a vaporização parcial de uma mistura (aquecendo-a até à ebulição), produz-se um vapor mais rico nos componentes de menor ponto de ebulição do que a mistura inicial, enquanto que o líquido, que em cada instante ainda se mantém no recipiente, vai ficando cada vez mais rico nos componentes menos voláteis, de maior ponto de ebulição.

### 3 MÉTODOS

Para os ensaios de destilação e filtração do álcool etílico foram utilizados os laboratórios de Química, Figura 1, da FUNVIC – Faculdade de Pindamonhangaba situada na Estrada Radialista Percy Lacerda, 1.000 – Bairro Pinhão do Borba – Pindamonhangaba/SP e laboratório externo. Os testes de purificação e eficiência do produto recuperado foram realizados para avaliar se o processo proposto era eficaz ou não. Por se tratar de um solvente, é imprescindível manter o mais estável possível suas características originais.



**Figura 1** – Laboratório de química da FUNVIC

#### 3.1 Materiais e reagentes

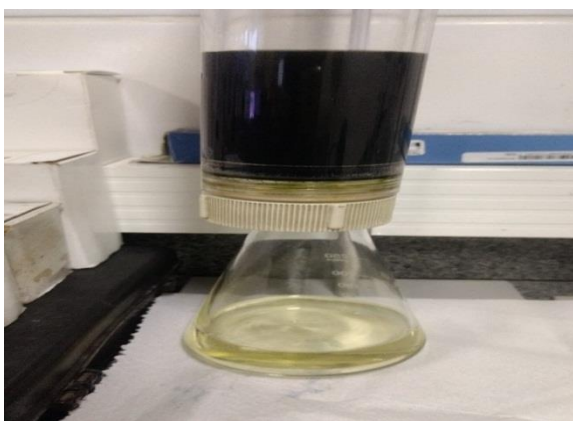
Os matérias e reagentes utilizados foram:

- Álcool etílico 2 litros;
- Provetas de 1 litro;
- Béquer de 500 mL;
- Alcoômetro;
- Filtro de 0,45 micras;
- Funil de vidro;
- Suporte com garra;
- Balão de destilação;
- Coluna de fracionamento;
- Condensador;

- Proveta graduada com e sem tampa;
- Termômetro;
- Manta de aquecimento e
- DR/890.

### 3.2 Coleta de dados

Por meio do método de filtração simples e filtração a vácuo, Figuras 2 e 3, respectivamente, no dia 25 de agosto de 2017, foi analisada uma amostra de álcool usada para limpeza de peças metálicas que haviam sido sujas com poliuretano adesivo.

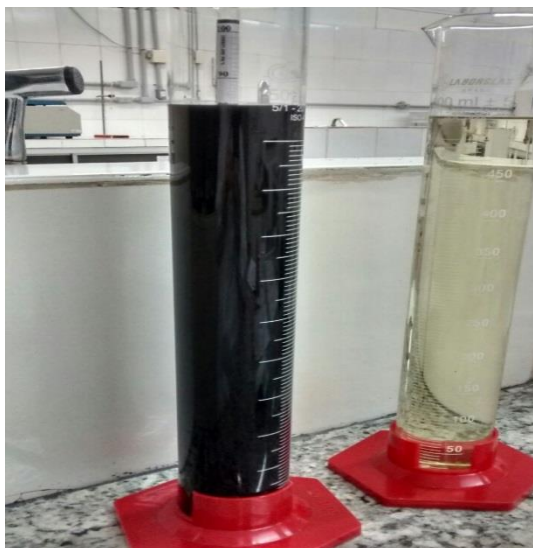


**Figura 2 – Filtração simples**



**Figura 3 – Filtração a vácuo**

Na Figura 4 mostra-se o álcool etílico antes e após a filtração simples.



**Figura 4** – Resultado da filtração simples

Após a filtração simples foram medidas as quantidades de sólidos suspensos e turbidez do álcool através do instrumento DR/890 Colorimeter, Figura 5, e o teor alcoólico (° GL – Gay Lussac) por meio de alcoômetro, Figura 6.



**Figura 5** – DR/890 Colorimeter



**Figura 6** – Alcoômetro

Devido à diferença de coloração e pH apresentados após a realização da filtração simples, foram feitas novas análises laboratoriais utilizando desta vez o método de destilação fracionária, conforme mostrado na Figura 7.



**Figura 7** – Aparelhagem utilizada para realização da destilação fracionária

Na figura 8, observa-se o álcool etílico recuperado após a destilação fracionária.



**Figura 8** – Álcool etílico destilado

#### 4 RESULTADO

O álcool etílico submetido a filtração simples e a filtração a vácuo apresentaram resultados muito diferentes entre eles, pois a filtração a vácuo demonstrou-se ineficiente tendo em vista que a maioria das partículas de poliuretano continuavam a passar pelo filtro neste sistema conforme mostra a Figura 9.



**Figura 9** – Resultado da filtração a vácuo

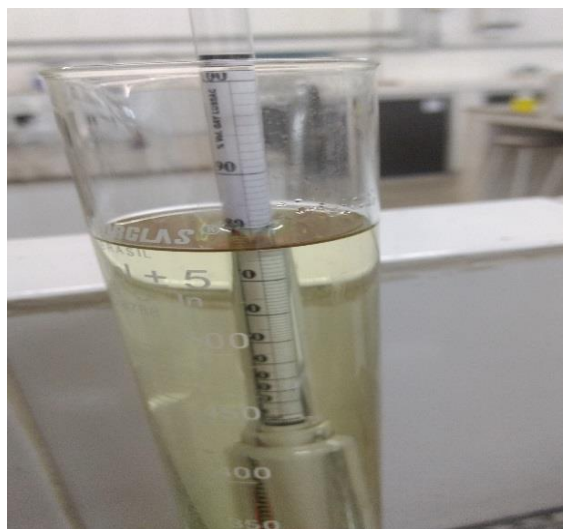
Já a filtração simples apresentou-se mais eficaz, pois os dados expostos na Tabela 1 mostram que foi possível remover todos os sólidos suspensos e que a coloração que antes era escura, Figura 10, passou a ser levemente amarelada, Figura 11, contudo, o teor alcoólico manteve-se o mesmo.

**Tabela 1** – Coleta de dados após a filtração simples

Análises	Antes	Depois
Sólidos suspensos (ppm)	1740	0
Turbidez (NTU)	1605	03
Alcoômetro (° GL)	80	80



**Figura 10** - Álcool etílico antes da filtração (80° GL)



**Figura 11** - Álcool etílico após da filtração (80° GL)

Por causa da coloração amarelada apresentada após a filtração e para certificar se o teor alcoólico correspondia realmente ao teor do álcool adquirido antes do processo de limpeza da peça suja com poliuretano, foi realizado uma destilação fracionária tanto do álcool sujo, Figura 12, quanto do álcool após a filtração, Figura 13, e os resultados obtidos ao final foram os mesmos para os dois testes, onde os comparativos entre as amostras de álcool apresentaram: sólidos suspensos 0,00, turbidez 0,00 e graus alcoólicos de 93° GL.



**Figura 12** – Destilação do álcool com impurezas



**Figura 13** – Destilação do álcool filtrado



A Figura 14 mostra o resultado da comparação entre as amostras de álcool após a destilação fracionária.



**Figura 14** – Álcool após a destilação

Após o processo de filtração simples, o álcool apresentou características semelhantes comparadas com o álcool comercializado no mercado, e para testar a sua eficiência foi enviada uma alíquota para a empresa a fim de que se realizassem testes de limpeza em peças sujas com poliuretano adesivo. Os resultados obtidos foram excelentes, conforme mostrado nas Figuras 15 e 16.



**Figura 15** – Peça antes da limpeza com álcool purificado



**Figura 16** – Peça após a limpeza com álcool purificado

## 5 DISCUSSÃO

A reutilização de solventes tem sido uma das melhores alternativas para as necessidades industriais, diminuindo a poluição, custos com aquisições, implantações de redes de esgotos e gerando também aumento de empregos melhorando a economia.

Após comparar os resultados obtidos através da filtração simples com os resultados da destilação fracionária, idealizou-se um sistema para a realização da limpeza e purificação do álcool através da filtração simples.

### 5.1 Sistema proposto para o reaproveitamento do álcool etílico

Área mínima e materiais necessários:

- Área de 25 m<sup>2</sup>, com contenção individual para cada IBC de 1m<sup>3</sup> cada, com armazenamento superior a 10% para cada IBC;
- IBC Tanques de armazenamentos (3 un. de 1 m<sup>3</sup> cada) com boias de nível auto e baixo;
- Itens de segurança – EPC;
- Tanques de 200 litros (2 un.);
- Extintores de incêndio (2 un.);
- Painel elétrico para acionamento, controles e alarmes;
- Lava olhos (1 un.);
- Escada móvel (1 un.);
- Filtros bag (6 un.);
- Válvulas (7 un. de 1 pol. cada);
- Bombas pneumáticas (2 un.) e
- Tubulações e conexões de 1 pol.

### 5.2 Croqui do sistema de reaproveitamento do álcool etílico

No decorrer da elaboração da ideia de reaproveitamento do álcool etílico através da filtração, foram feitos 02 croquis: 01 para o projeto e 01 para a área, conforme apresentados nas Figuras 17 e 18, respectivamente, com o objetivo de exemplificar toda estrutura que seria

necessária para o funcionamento do mesmo.

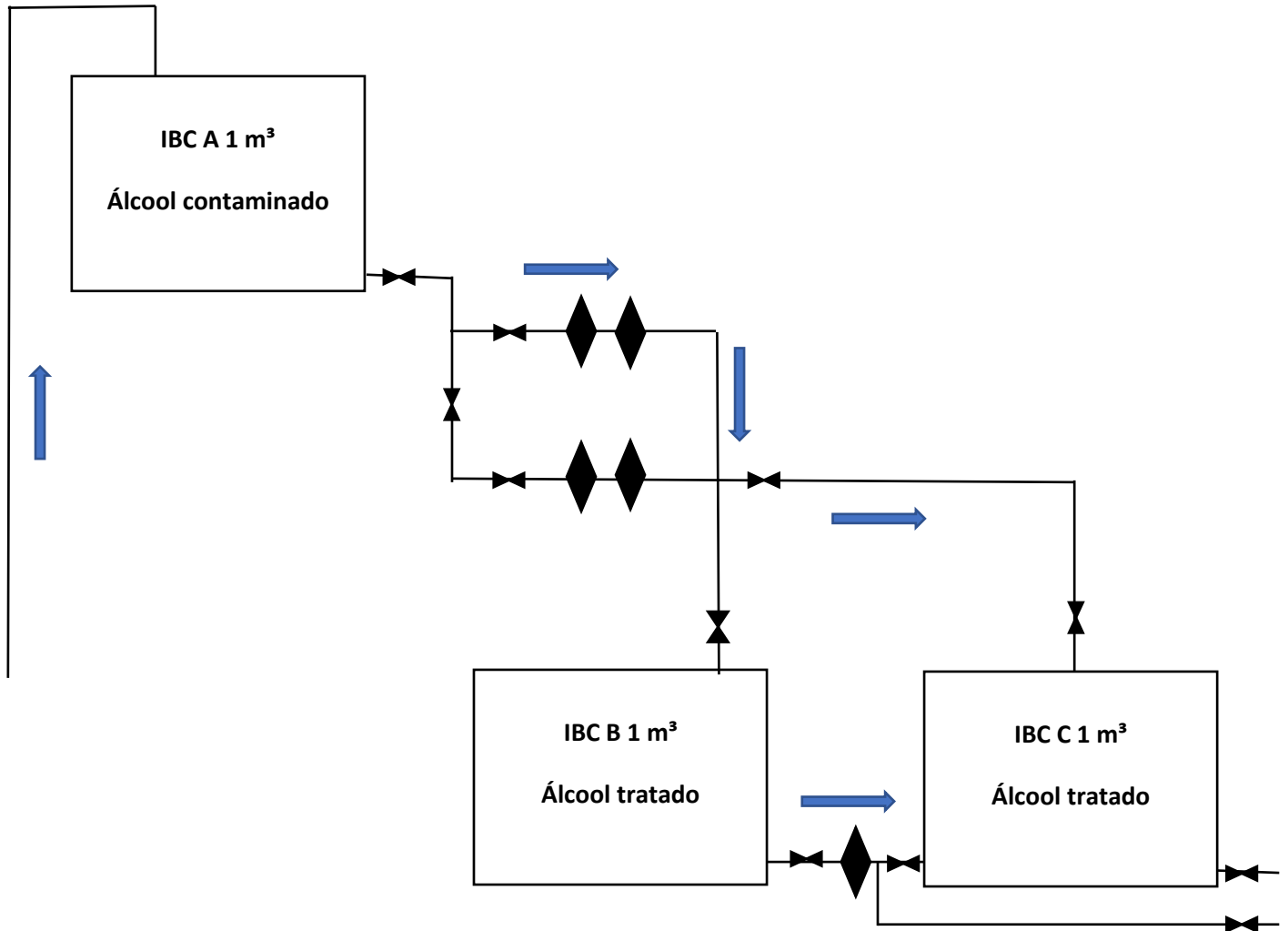


Figura 17 – Croqui do sistema

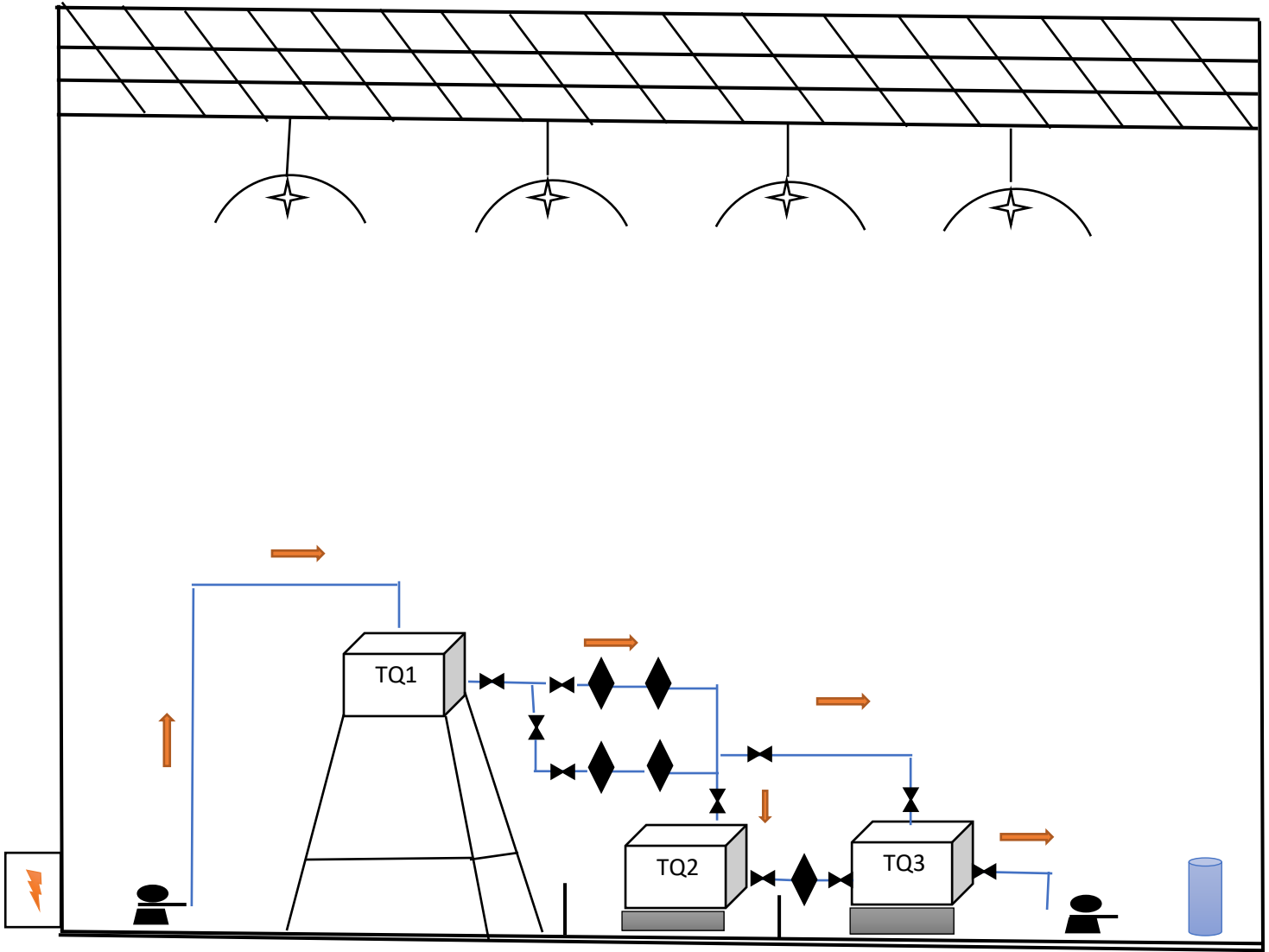


Figura 18 – Croqui da área

Após avaliações e montagem do croqui do sistema de purificação e reaproveitamento do álcool, analisaram-se a mão de obra e os materiais necessários para viabilizar a construção do sistema. Os preços foram pesquisados para montar o orçamento total apresentado na Tabela 2.

**Tabela 2** – Orçamento dos materiais necessários para a execução do projeto

Itens	Valor (R\$)
Mão de obra: infraestrutura	28.150,00
Elétrica / Instrumentação	5.000,00
Segurança (extintores e chuveiro lava olhos)	1.100,00
Bombas pneumáticas (2 un.)	800,00
Filtros bag (pct. 8)	70,00
IBC (3 un. de 1 m <sup>3</sup> cada)	1.350,00
Escada	1.000,00
<b>Total</b>	<b>37.470,00</b>

É importante também contabilizar o custo estimado mensal na compra de álcool e seu descarte adequado, conforme Tabela 3.

**Tabela 3** – Custo mensal com o álcool

Custo mensal com a compra de álcool	Valor (R\$)
Álcool (1.000 L)	8.000,00
Descarte	583,00
<b>Total</b>	<b>8.583,00</b>

Em função dos dados apresentados nas Tabelas 2 e 3, pode-se então afirmar que o investimento no projeto de purificação e reutilização do álcool é capaz de gerar lucros a curto prazo, conforme mostrado na Tabela 4.

**Tabela 4 - Tempo para retorno do investimento**

R\$	1º MÊS	2º MÊS	3º MÊS	4º MÊS	5º MÊS	6º MÊS	7º MÊS	8º MÊS	14º MÊS
R\$ Custo Mensal	8.583,00	8.583,00	8.583,00	8.583,00	1.600,00	0,00	0,00	0,00	0,00
R\$ Projeto	12.490,00	12.490,00	12.490,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
R\$ Investimento	21.073,00	21.073,00	21.073,00	8.000,00	1.600,00	0,00	0,00	0,00	0,00
R\$ Acumulado no Mês	21.073,00	42.146,00	63.219,00	71.219,00	72.819,00	64.236,00	55.653,00	47.070,00	4.428,00
Diferença acumulada %	0,00	-0,50	-0,3333333	-0,1123296	-0,0219723	0,1336167	0,1542235	0,1823454	9,6300813

Custo mensal: Valor gasto na compra do álcool e no descarte mensal;

Projeto: Custo do projeto em três etapas;

Investimento: Somatória dos custos mensais aplicados;

Acumulado: Somatória dos gastos do projeto mês a mês, até o projeto se tornar rentável e

Diferença acumulada: Percentual da diferença mensal do sistema na redução do investimento.

## 6 CONCLUSÃO

O processo de destilação mostrou-se mais eficiente do que o processo de filtração conforme apresentados nos resultados, entretanto por se tratar de um sistema que necessita de um equipamento mais específico e de pessoal com treinamento adequado para operar o sistema acaba não sendo viável financeiramente comparado ao processo de filtração, que ao contrário da destilação, requer equipamentos mais simples e não necessita de pessoal com treinamento específico, e o mais importante é que o teste realizado na indústria, conforme foi mostrado nas Figuras 17 e 18, comprovou que o álcool recuperado através da filtração atende à demanda de limpeza das peças metálicas após sua utilização.

Sendo assim, a execução deste projeto eliminará o desperdício de álcool utilizado para a limpeza de peças metálicas sujas após o uso com poliuretano adesivo, pois todo álcool será reutilizado contribuindo desse modo para o uso consciente, provando ser viável não apenas em termos financeiros, mas também de modo a eliminar os impactos gerados ao meio ambiente e as gerações futuras.

## REFERÊNCIAS

ENVIRONMENTAL HEALTH UNIT. **Organic Solvent**, Public Health Guidance Note, 2002. Disponível em: <<https://www.health.qld.gov.au/phs/ehu/>>. Acesso em: 15 out. 2017.

GERBASE, A. E.; GREGÓRIO, J. R.; CALVETE, T.; **Gerenciamento dos Resíduos**. Química Inorgânica – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. v.29, n. 2, 2006. p. 397-403.

GOMIDE, R. **Operações unitárias**: separações mecânicas, vol. 3, 1924. p. 79-133.

JAFELICCI, F.D.; RODRIGUES, G. L. **Purificação do éter etílico**. Disponível em: <[http://www.cempeqc.iq.unesp.br/Jose\\_Eduardo/Blog2013/Aula\\_12\\_04/](http://www.cempeqc.iq.unesp.br/Jose_Eduardo/Blog2013/Aula_12_04/)>. Acesso em: 01 jul. 2017.

KAKABASE, G. **Solvent Problems in Industry**. Londres: Elsevier, 1984. p. 253.

KISTER, H. Z. **Distillation Operation**. Disponível em: <<https://archive.org/details/KisterH.1990DistillationOperation>>. Acesso em: 10 nov. 2017.

LAU, W.; KOENIG, A. **Management, disposal and recycling of waste industrial organic solvents in Hong Kong**. Chemosphere, v. 44, 2001. p. 9-15.

LEMOS, A. da C.; NASCIMENTO, L. F.; MELLO, M. C. A. **Produção mais limpa**. Rio Grande do Sul: UFRS, 2002.

MACHADO, P. A. L. **Direito ambiental brasileiro**, Malheiros: São Paulo, 2002. p. 1048.

MANAHAN, S. **Química ambiental**. 9.ed. Porto Alegre: Bookman, 2012. p. 944.

MEDEIROS, M. A. **Processo de Filtração**. Disponível em: <<https://quiprocura.net/w/2015/08/17/filtracao/>>. Acesso em: 25 out. 2017.

NARVAES, P. **Dicionário ilustrado do meio ambiente**. 2.ed. São Paulo: Governo do estado de São Paulo – Secretaria do Meio Ambiente. 2012. p. 211-292.



NOLASCO, F. R.; TAVARES, G. A.; BENDASSOLLI, J. A. **Implantação de programas de gerenciamento de resíduos químicos laboratoriais em universidades: análise crítica e recomendações**. Rio de Janeiro: Engenharia Sanitária e Ambiental, 2006. v. 11, n. 2, p. 118-124.

RIBEIRO, H. M. **Cadernos de Medicina do trabalho: Solventes**. Joao Pessoa, Ministério do Trabalho e Emprego, 2010.

RUPPENTHAL, J. E. **Toxicologia**. Disponível em: <[http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos\\_seguranca/sexta\\_etapa/toxicologia.pdf](http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos_seguranca/sexta_etapa/toxicologia.pdf)>. Acesso em: 15 out. 2017.

SANSEVERINO, A. M. **Química Nova**. São Paulo: SBQ, v. 23, n. 1. 2000. p. 143.

SCHNEIDER, F.; OLIVEIRA, J. M. **Reciclagem de thinner: Meio ambiente, reciclagem e tratamento de resíduos**. Disponível em: <<http://www.sbrt.ibict.br>>. Acesso em: 01 abr. 2017.

SOLOMONS, T. W. G. **Química orgânica 2**. Rio de Janeiro: LTC – S. A., 1983. p. 602.

TAVARES, G. A.; BENDASSOLLI, J. A. **Implantação de um programa de gerenciamento de resíduos químicos e águas servidas nos laboratórios de ensino e pesquisa do CENA/USP**, Química nova, v. 28, n. 4, 2005. p. 732-738.

UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA. **Álcool Etílico**. Disponível em: <<http://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=75845>>. Acesso em: 15 set. 2017.

Autorizo cópia total ou parcial desta obra, apenas para fins de estudo e pesquisa, sendo expressamente vedado qualquer tipo de reprodução para fins comerciais sem prévia autorização específica dos autores. Autorizo também a divulgação do arquivo no formato PDF no banco de monografias da Biblioteca institucional.

José Verciano F. de Melo, Beatriz dos Santos e José Alexandre dos Santos

Pindamonhangaba, dezembro de 2017.