

ENGENHARIA QUÍMICA

MONITORAMENTO NA RECICLAGEM DE SOLVENTES INDUSTRIAIS: UMA ABORDAGEM BASEADA EM DADOS

LUKAS HENRIQUE COSTA SANTOS

Rio Verde, GO

2024

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CÂMPUS RIO VERDE**

ENGENHARIA QUÍMICA

**MONITORAMENTO NA RECICLAGEM DE SOLVENTES
INDUSTRIAIS: UMA ABORDAGEM BASEADA EM DADOS**

LUKAS HENRIQUE COSTA SANTOS

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Câmpus Rio Verde, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Wesley Renato Viali

Rio Verde – GO

Novembro, 2024

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

S237m Santos, Lukas Henrique Costa
MONITORAMENTO NA RECICLAGEM DE SOLVENTES
INDUSTRIAIS: UMA ABORDAGEM BASEADA EM DADOS
/ Lukas Henrique Costa Santos. Rio Verde - GO 2025.

44f. il.

Orientador: Prof. Dr. Wesley Renato Viali.

Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 0220354 -
Bacharelado em Engenharia Química - Integral - Rio Verde
(Campus Rio Verde).

1. Engenharia Química. 2. Dados. 3. KPI. 4. Monitoramento de
processos. 5. Reciclagem de solvente. I. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 7/2025 - GGRAD-RV/DE-RV/CMPRV/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos treze dias do mês de fevereiro de 2025, às 15 horas, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Prof. Dr. Wesley Renato Viali, Profª. Dra. Eloiza da Silva Nunes Viali e Prof. Dr. Rogério Favareto, para examinar o Trabalho de Curso intitulado "MONITORAMENTO NA RECICLAGEM DE SOLVENTES INDUSTRIAIS: UMA ABORDAGEM BASEADA EM DADOS" do estudante LUKAS HENRIQUE DOS SANTOS, Matrícula nº 2020102203540414 do Curso de Bacharelado em Engenharia Química do IF Goiano – Campus Rio Verde. A palavra foi concedida ao estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição do candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO do estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

(Assinado Eletronicamente)

Dr. Wesley Renato Viali
Orientador

(Assinado Eletronicamente)

Dra. Eloiza da Silva Nunes Viali
Membro

(Assinado Eletronicamente)

Dr. Rogério Favareto
Membro

Observação:

() O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Wesley Renato Viali, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 13/02/2025 16:11:20.
- **Rogério Favareto, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 13/02/2025 16:18:50.
- **Eloiza da Silva Nunes Viali, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 13/02/2025 16:19:14.
- **Geovana Rocha Placido, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 18/02/2025 20:30:40.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 10/12/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 660673

Código de Autenticação: b0d8273453



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Rio Verde

Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, 01, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970

(64) 3624-1000

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos que de alguma forma, mesmo ínfima, contribuíram durante todo esse percurso acadêmico, profissional e pessoal. Vocês foram essenciais e me impulsionaram a alcançar este momento, cada um de vocês deixou uma marca inapagável na minha jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me acompanhado durante este trajeto, tanto nos momentos felizes quanto tristes, e acima de tudo me guiar durante esses árduos anos a esta conquista.

Agradeço à minha família, meu pai Valdeci, minha mãe Sandra, meu irmão Bruno e meu companheiro canino Spaiké o qual não está mais entre nós. Vocês foram essenciais para a construção deste momento e toda minha força de continuar em frente se deve a vocês!

Manifesto minha gratidão ao Instituto Federal Goiano, aos docentes, ao corpo administrativo e funcionários pela oportunidade de poder, durante breves anos, estar cursando na instituição com qualidade e excelência o curso e pelo apoio recebido.

Reconheço a Empresa Júnior Quality Consultoria e a gestão 2023, na qual foi de mais-valia para minha formação acadêmica e profissional, juntamente com todos que elevaram o nome da EJ ao destaque.

Aos meus colegas e amigos que me suportaram durante todo esse percurso acadêmico e pessoal.

Ao Prof. Dr. Wesley Renato Viali, por todo apoio e ensinamentos durante os anos iniciais como coordenador do curso de Engenharia Química, professor e como meu orientador.

Por fim, agradeço a todos da Videplast filial de Rio Verde, pela oportunidade de estar aprendendo a vivência industrial e profissional e todo o conhecimento obtido durante a prática de estágio.

A todos que de alguma forma me acompanharam durante essa jornada de formação!

Lukas Henrique Costa Santos

RESUMO

O trabalho relatado é a coletânea através da visão e perspectiva das experiências obtidas durante o estágio curricular na empresa de embalagens plásticas, Videplast, no setor de Impressão voltado a elaboração, manutenção e monitoramento de um dos processos secundários na cadeia de impressão flexográfica qual é a reciclagem de solventes usados durante o processo. O seguinte relatório teve como finalidade descrever o processo de reciclagem, a importância e o trabalho como estagiário e o desenvolvimento envolvido. A coleta através de softwares, apontamentos e a síntese em relatórios gráficos para monitoramento e tomadas de decisões. A importância do *Key Performance Indicator* (KPI), *Key Result Indicator* (KRI) e programas *Enterprise Resource Planning* (ERP) como o *System Applications and Products in Data Processing* (SAP) de softwares de *Business Intelligence* (BI) para trabalho com grandes volumes de dados e o desenvolvimento em cima da problemática da falta de um *storytelling* de dados convincente. Em resumo, o trabalho volta se as experiências através do processo de reciclagem de solventes com uma regeneradora de solvente, as propriedades do solvente, o seu uso no processo, o custo relacionado a compra de solvente novo/limpo e o desenvolvimento de métricas e dashboards para acompanhamento do processo.

Palavras-chave: Dados, KPI, monitoramento de processos, reciclagem de solvente.

ABSTRACT

The reported work is a compilation of insights and perspectives derived from the experiences gained during the curricular internship at Videplast, a plastic packaging company, in the Printing sector. It focused on the development, maintenance, and monitoring of one of the secondary processes in the flexographic printing chain, specifically the recycling of solvents used in the process. This report aims to describe the recycling process, its importance, the intern's role, and the developments involved. It covers data collection through software, records, and the synthesis of graphical reports for monitoring and decision-making. The relevance of Key Performance Indicators (KPIs), Key Result Indicators (KRIs), and Enterprise Resource Planning (ERP) programs such as System Applications and Products in Data Processing (SAP), as well as Business Intelligence (BI) software, is emphasized for handling large data volumes and addressing the challenge of a lack of compelling data storytelling. In summary, the work focuses on experiences related to the solvent recycling process using a solvent regenerator, the solvent's properties, its use in the process, the costs associated with purchasing new/clean solvent, and the development of metrics and dashboards to monitor the process.

Keywords: Data, KPI, process monitoring, solvent recycling.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Esquemática genérica de um destilador simples.....	20
Figura 2 - Diagrama simples da recicladora.....	21
Figura 3 – Imagem frontal da Recicladora IST	22
Figura 4 - Ambiente da ERP SAP	26
Figura 5 – Fluxograma das etapas até a reciclagem do solvente.....	28
Figura 6 - Análise do Solvente em diferenças etapas do processo	29
Figura 7 - Checklist de produção.....	31
Figura 8 – Checklist de estoque.....	32
Figura 9 - Segunda versão do dashboard em Microsoft Excel.....	33
Figura 10 – Síntese dos dados em formato gráfico	34
Figura 12 – Recicladora Procegraf.....	35
Figura 13 – Recicladora com contêiner contendo solvente sujo a direita e o reciclado a esquerda.....	36
Figura 14 – Métricas de desempenho desenvolvidas no Microsoft Excel	36
Figura 15 – Página 1 da primeira versão do dashboard usando o Microsoft Power BI	38
Figura 16 – Página 2 da primeira versão do dashboard.....	38
Figura 17 – Página 1 da versão final do dashboard usando o Microsoft Power BI com dados gerais.....	39
Figura 18 – Página 2 da versão final do dashboard com dados mensais.....	40
Figura 19 – Página 3 da versão final do dashboard com dados de consumo e custo do solvente novo.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Propriedades dos álcoois	17
Tabela 2 – Propriedades dos ésteres	18
Tabela 3 – Características dos KPIs.....	23
Tabela 4 – Diferenças entre KRIs e KPIs	24

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACOES

ATEX	Atmosphères Explosibles
BI	Business Intelligence
bp	Boiling Point
d.C	Depois de Cristo
ERP	Enterprise Resource Planning
IECEX	International Electrotechnical Commission System for Certification to Standards Relating to Equipment for Use in Explosive Atmospheres
IST	Italia Sistemi Tecnologici
KPI	Key Performance Indicator
KRI	Key Result Indicator
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PBIX	Power BI Exchange
PDF	Portable Document Format
ppm	partes por milhão
SAP	Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung
TLV	Theresold Limit Value
UE	União Europeia
VOC	Volative Organic Compound

SUMÁRIO

1.0	INTRODUÇÃO	12
1.1	A Destilação.....	13
2.0	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.2	O Solvente	14
2.3	Propriedades Físicas e Químicas dos Solventes	14
2.4	Composição do Solvente Usado	16
2.5	Álcool Propílico, N-Propanol ou 1-Propanol	16
2.6	Acetato de N-Propila, Ácido Acético ou N - Propil Éster	18
2.7	Processo de Destilação	19
2.7.1	Destilação Simples	20
2.8	Sistema de Recuperação de Solventes.....	20
2.9	Indicadores de Desempenho (KPI) e Indicadores Chaves de Resultado (KRI)	23
2.10	Softwares Industriais e a sua Integração na Cadeia Produtiva	25
3.0	ATIVIDADES DESENVOLVIDAS E DISCUSSÃO	26
3.1	Estrutura do Processo de Reciclagem.....	27
3.2	Análise Espectroscópica do Solvente	28
3.3	Orientação, Coleta e Instrução de Preenchimento dos Checklists.....	30
3.4	Criação e Manutenção das Métricas do Processo.....	33
3.5	Paradigmas do Custo-Benefício	35
3.6	Evolução no <i>Storytelling</i> de Dados	37
4.0	CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
5.0	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	41

1.0 INTRODUÇÃO

Na cadeia produtiva de uma indústria de plásticos flexíveis, a área responsável por imprimir a arte disponibilizada pelo cliente para o filme plástico é o setor de impressão, este sendo responsável por garantir a qualidade, legibilidade e segurança no impresso no qual muitas das vezes serão destinados a embalar alimentos para consumo humano.

Dentro das técnicas mais conhecidas para a impressão no polímero, destaca-se, o método offset, a digital, a híbrida, a através de rotogravura e pôr fim a de interesse e estudo, a técnica de impressão flexográfica.

No processo flexográfico uma das principais variáveis de operação são as tintas usadas durante este processo, logo, de maneira abrangente, na composição e manipulação deste pigmento além do solvente, outros compostos como resinas, aditivos, dispersantes e o solvente são utilizados, tendo então o solvente a tarefa de facilitar o controle durante a manipulação para a aplicação. Assim, a mistura desses solventes acrescenta propriedades específicas de solvência, tempo de secagem e viscosidade (Scarpeta, 2007).

Na execução da impressão flexográfica o solvente tem papel fundamental para a dissolução das resinas da tinta, assim como ajudar na adesão do filme de tinta sobre o substrato aplicado, sendo também amplamente utilizado nas limpezas de peças decorrentes do processo (Scarpeta, 2007).

O solvente utilizado se trata de uma mistura constituída de 80% de n-propanol e 20% de acetato de n-propila devido a suas propriedades de dissolução, taxa de evaporação e segurança, sendo indicado ao processo de impressão flexográfica. Fatores essenciais para o emprego em diluição de tintas, visando o melhor rendimento e eficiência no processo.

Por ser constituído de um hidrocarboneto e um éster já conhecidos, tanto os seus riscos e especificidades são atenuados e no fim são complementares no processo de flexografia. O acetato de n-propila, por exemplo, é usado devido a sua apolaridade para dissolver outros compostos ou resinas semelhantes e o n-propanol possuir uma hidroxila (OH), tem naturalmente boa dissolução em boa parte das substâncias usadas na indústria.

Devido as propriedades do solvente, ele é usado tanto como diluente e agente de limpeza no processo, sendo muita das vezes um recurso oneroso que pode influenciar nos resultados financeiros tanto positivos como negativos na cadeia de produção.

Deste modo, um dos meios atualmente usados em muitas indústrias visando redução de custos e aproveitamento do insumo é a reciclagem do solvente utilizando equipamentos de reprocessamento de solventes ou como comumente conhecidos, recicladoras de solvente. No qual através do processo de destilação, são removidas as impurezas decorrentes do uso permitindo a recuperação do solvente em seu estado quase puro.

Alinhado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU), através da ODS 12 e da meta 12.5, na qual visa, até 2030, reduzir a geração de resíduos na cadeia produtiva, seja por reutilização, redução ou reciclagem de resíduos, torna-se essencial a adoção de práticas sustentáveis que otimizem o uso de recursos e minimizem impactos ambientais. A implementação de processos eficientes de reciclagem, como a recuperação de solventes, não apenas contribui para a economia circular, mas também reduz a dependência de matérias-primas virgens, promovendo um ciclo produtivo mais sustentável e responsável (Nações Unidas Brasil, 2025).

1.1 A Destilação

A destilação é uma tecnologia de separação muito antiga, usada para separar misturas líquidas, cuja origem pode ser rastreada até os químicos de Alexandria no primeiro século d.C.

Atualmente, a destilação é o processo tecnológico industrial mais importante para a separação de substâncias. É especialmente adequada para separações de alta pureza, pois qualquer grau de separação pode ser alcançado com um consumo de energia fixo, aumentando-se o número de estágios de equilíbrio (Halvorsen, 2000; Skogestad, 2000).

Tornando-se então uma das mais antigas e estudadas operações unitárias na engenharia química. É uma das técnicas mais comuns e seus métodos e arranjos de design são numerosos com diversas aplicações amplamente documentadas em monografias e na literatura ao longo de muitas décadas (Ray, 2000).

O fundamento desta operação unitária tem sua base nas propriedades termodinâmicas da maioria das substâncias líquidas que o seu vapor produzido a partir de uma mistura em ebulição tem composição majoritariamente de componentes nos quais seu ponto de ebulição é mais baixo do que a outra, permitindo assim separar diferentes frações com configurações diferentes da mistura original (Voglpohl, 2015).

1.2 Objetivos

Este trabalho tem por objetivo discutir e demonstrar o monitoramento de processos através de abordagens tanto econômica quanto por métricas de performance pelo reuso e reciclagem de solvente no processo de produção em uma indústria de plásticos flexíveis, como também, relatar as atividades desenvolvidas durante o período de estágio e o papel fundamental do Key Performance Indicator (KPI) e Key Result Indicator (KRI). Relacionado ao conhecimento teórico obtido em sala de aula e aplicação prática na indústria.

No presente trabalho, será analisado o maquinário usado para a reciclagem do solvente proveniente do uso na área fabril, a composição do solvente como também suas propriedades no processo e sua disposição final tanto como solvente sujo e o destilado resultante da regeneração, juntamente com a necessidade de controle do processo através do uso de métodos analíticos atrelados a apontamentos e dados.

Logo, a abordagem será feita através de uma análise macro com base quantitativa visando demonstrar as causas e efeitos da reciclagem de solvente com suas vantagens demonstradas através de indicadores e métricas de performance na respectiva indústria e sua base com a conciliação de dados simples para elaboração de relatórios robustos para tomadas de decisões.

2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.2 O Solvente

Segundo Cheremisinof (2003), o uso de solventes é praticamente universal para a maioria dos produtos manufaturados que possamos imaginar. Dentro dos exemplos que podemos citar, as indústrias de tintas, revestimentos, farmacêuticas e cosméticas têm em comum o solvente, sendo um componente essencial no processo devido à capacidade de dissolver ou diluir as substâncias.

Podemos afirmar que o propósito dos solventes é transformar substâncias em formas que possibilitem seu uso específico. Assim, as aplicações industriais abrangem uma ampla gama de setores, incluindo alimentício, farmacêutico, adesivos e selantes, além do setor de combustíveis.

2.3 Propriedades Físicas e Químicas dos Solventes

O peso molecular de um solvente é uma das informações padrão das substâncias; no entanto, é comumente subutilizado. Muitas propriedades de solvência dependem diretamente

de seus pesos moleculares. A hipótese de Hildebrand-Scratchard afirma que a interação soluto-solvente ocorre quando um segmento polimérico possui pesos moleculares semelhantes, mas tal teoria também pode ser aplicada a uma variedade de casos, na qual essa hipótese está intimamente relacionada à teoria do buraco (Wypych, 2014; BURKE, 1994; HILDEBRAND, 1950).

Segundo Wypych (2014), a teoria do buraco é aquela em que um solvente que ocupa um certo volume deixa o mesmo volume ao ser deslocado. Portanto, o coeficiente de difusão do solvente está intimamente ligado à massa molecular, pois, se não houvesse interações soluto-solvente, a taxa de evaporação dependeria, a princípio, apenas do peso molecular do solvente.

Muitas das propriedades físicas dos solventes dependem da massa molecular como o ponto de ebulição, congelamento, densidade, calor de evaporação, ponto de fulgor e sua viscosidade (Poling; Prausnitz; O'connell, 2000; Wypych, 2014);

No tipo de indústria analisado, um dos pontos de atenção a substância é a escolha do solvente e ao seu ponto de vaporização e evaporação considerando a questão no processo de reciclagem e o seu consumo de energia como no resfriamento do material devido a evaporação. Deste modo, o solvente pode ser classificado em três categorias a depender do seu ponto de ebulição (Stove; Freitag, 1998).

- I. Solventes com ponto de ebulição baixo: bp XE "bp" \t "Boiling Point" < 100°C;
- II. Solventes com ponto de ebulição médio: bp 100 – 150°C;
- III. Solventes com ponto de ebulição alto: bp > 150°C.

Segundo Stove e Freitag (1998), não existe uma correlação geral entre as taxas de evaporação e ebulição dos solventes. A taxa de evaporação de diluente depende de nove variáveis sendo elas:

- I. O vapor de pressão a temperatura ambiente;
- II. O calor específico;
- III. A entalpia de vaporização;
- IV. O grau de associação molecular;
- V. A taxa de fornecimento de calor;
- VI. A tensão da superfície;
- VII. A sua massa molecular;
- VIII. A turbulência atmosférica (Fluxo de ar no ambiente);

IX. A umidade atmosférica.

Com o grande número de variáveis associadas a medição da sua taxa de evaporação, predições teóricas se tornam muitas vezes obsoletas com erros e discrepâncias das análises previamente realizadas.

Dados que estes fatores dependem uns dos outros, é impossível fornecer uma previsão teórica da taxa de evaporação. Na prática, o tempo de evaporação de uma determinada quantidade de solvente é determinado experimentalmente sob condições externas idênticas e comparado com o do éter dietílico ou, em alguns países, com o acetato de butila (Stove; Freitag, 1998).

Como resultado, através do uso como guia de referência o éter dietílico ou o acetato de butila, os solventes podem ser subdivididos em quatro grupos com base no seu tempo de evaporação dado em segundos (Stove; Freitag, 1998).

- I. Volatilidade alta < 10;
- II. Volatilidade moderada: 10 – 35;
- III. Volatilidade baixa: 35 – 50;
- IV. Volatilidade muito baixa: > 50.

2.4 Composição do Solvente Usado

O solvente utilizado na produção é considerado, do ponto de vista financeiro, um produto nobre, visto que algumas alternativas mais econômicas envolvem percentuais menores compensados com etanol, tendo sua composição descrita como acetato de n-propila e n-propanol. Ambos os solventes apresentam uma gama de aplicações devido às suas propriedades amplamente conhecidas e sua grande utilização voltadas à diluição de tintas.

2.5 Álcool Propílico, N-Propanol ou 1-Propanol

O álcool propílico, ou sua nomenclatura mais comum, n-propanol, é um intermediário químico utilizado na síntese de n-propilaminas e acetato de propila ou n-propila. Ele é comumente usado em misturas de solventes voltadas às tintas das indústrias de impressão. O n-propanol também é frequentemente utilizado na fabricação de diversos produtos químicos têxteis, fotográficos, surfactantes e ésteres graxos, como, por exemplo, o oleato e o esterato de propila.

Além da sua imensa gama de aplicações a sua versatilidade como agente de limpeza com baixa toxicidade, ele de modo geral é bastante utilizado em indústrias de tintas e de impressão flexográfica tendo sua relação ao controle da evaporação e os tempos de secagem da tinta (Cheremisinoff, 2003).

O álcool propílico, 1-propanol, é um líquido incolor com odor semelhante ao do etanol. É polar, solúvel em água, e tem gravidade específica de 0,8 que é mais leve que a água. Possui um grande risco de incêndio com uma faixa de inflamabilidade de 2 a 13% no ar. O ponto de ebulição é 97,22 °C, o ponto de inflamação é 22,22 °C e a temperatura de ignição é 25 °C. É tóxico por absorção pela pele com TLV de 200 ppm no ar (Cheremisinoff, 2003, P. 47-48).

Abaixo na Tabela 1, segue algumas das propriedades dos álcoois e os valores mínimos e máximos de cada propriedade elencada.

Tabela 1 – Propriedades dos álcoois

Propriedade	Valor	
	Mínimo	Máximo
Temperatura de Ebulição; °C	64,55	259
Temperatura de Congelamento; °C	-129	71
Ponto de Fulgor; °C	11	156
Temperatura de Autoignição; °C	231	470
Índice de Refração	1,277	1,539
Gravidade Específica; g/cm ³	0,79	1,51
Densidade de Vapor; (ar=1)	1,10	5,50
Pressão de Vapor;	0,00	21,20
Viscosidade; mPa.s	0,59	41,1
Tensão Superficial; m.N/m	21,99	40,0
Número do Doador; kcal/mol	5	44
Número do Aceitador	22,2	66,7
Parâmetro de Polaridade; kcal/mol	41	65,3
Coefficiente de Expansão Cúbica; 10 ⁻⁴ °C	9	12,2
Calor Específico; J/K.mol	180,04	241,33
Calor de Combustão; MJ/kg	22,66	38,83
Permissividade Relativa (Constante Dielétrica)	8,17	32,66

Parâmetro de Solubilidade de Hildebrand; $\text{Mpa}^{1/2}$	18,94	26,43
Constante da Lei de Henry; $\text{atm.m}^3.\text{mol}^{-1}$	4,10E-09	3,44E+01

Fonte: Adaptação (Wypych, 2014)

2.6 Acetato de N-Propila, Ácido Acético ou N-Propil Éster

O uso do acetato de n-propila nas indústrias de impressão e tintas surgiu principalmente como uma solução para problemas ambientais relacionados à alta taxa de compostos orgânicos voláteis VOC, do inglês *Volatile Organic Compound*, que representavam um desafio tanto ambiental quanto industrial. Muitos alimentos que não contêm gordura são mais suscetíveis à retenção do sabor do solvente, o que é um fator crucial para essa mudança (Wypych, 2019).

A substância em pressão de 1 atm se apresenta em estado líquido sem color e tem odor levemente frutado. Possui peso molecular a 15°C de 102,13 g/mol, ponto de ebulição de 101,6 °C, gravidade específica de 0,866, ponto de inflamação de 14,4 °C e faixa de inflamabilidade no ar de 2,0% a 8,0% (Cheremisinoff, 2003).

Abaixo temos a Tabela 2 na qual traz as propriedades recorrentes dos ésteres e os valores mínimos e máximos de suas propriedades.

Tabela 2 – Propriedades dos ésteres

Propriedade	Valor	
	Mínimo	Máximo
Temperatura de Ebulição; °C	32	343
Temperatura de Congelamento; °C	-148,0	27,5
Ponto de Fulgor; °C	-19,0	240
Temperatura de Autoignição; °C	252	505
Índice de Refração	1,340	1,56
Gravidade Específica; g/cm^3	0,81	1,38
Densidade de Vapor; (ar=1)	2,50	9,60
Pressão de Vapor;	0,00	64,00
Viscosidade; mPa.s	0,42	32,7
Tensão Superficial; m.N/m	23,75	41,4
Número do Doador; kcal/mol	11	23,7
Número do Aceitador	6,7	18,3
Parâmetro de Polaridade; kcal/mol	36,7	48,6
Coefficiente de Expansão Cúbica; $10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}$	8,76	10,3
Calor Específico; J/K.mol	131,8	497,4

Calor de Combustão; MJ/kg	18,5	36,35
Permissividade Relativa (Constante Dielétrica)	4,75	64,9
Número Kauri-butanol	62	1,000
Parâmetro de Solubilidade de Hildebrand; Mpa ^{1/2}	16,77	22,19
Constante da Lei de Henry; atm.m ³ .mol ⁻¹	9,90E-08	1,90E-02
Taxa de Evaporação (Acetato de butil = 1)	1,00E-03	1,18E+01
Concentração Máxima (15 min de exposição); ppm	2	310
Dose Letal Mediana; mg/kg	500	42,000
Demanda Teórica de oxigênio; g/g	1,09	2,44
Cancerogenicidade	Éster metílico do ácido butírico, butirolactona, dibutil ftalato, acetato de 2-etoxietila, acetato de etila, propionato de etila, propionato de metila, acetato de n-propil	

Fonte: Adaptação (Wypych, 2014)

2.7 Processo de Destilação

O processo de destilação pode ser descrito como estados de equilíbrio entre fases e entre fluxos de líquido e vapor que possuem diferentes composições. O Equilíbrio se trata de uma condição estática na qual não se ocorrem de variações macroscópicas nas propriedades de um sistema como tempo (Petlyuk, 2004; Smith; Van Ness; Abbott, 2007).

Sendo então na prática voltada a engenharia a consideração da hipótese da igualdade entre os potenciais de mudanças, desde que, os potenciais que poderiam causar alguma mudança levem a resultados precisos e próximos do objetivo (Smith; Van Ness; Abbott, 2007).

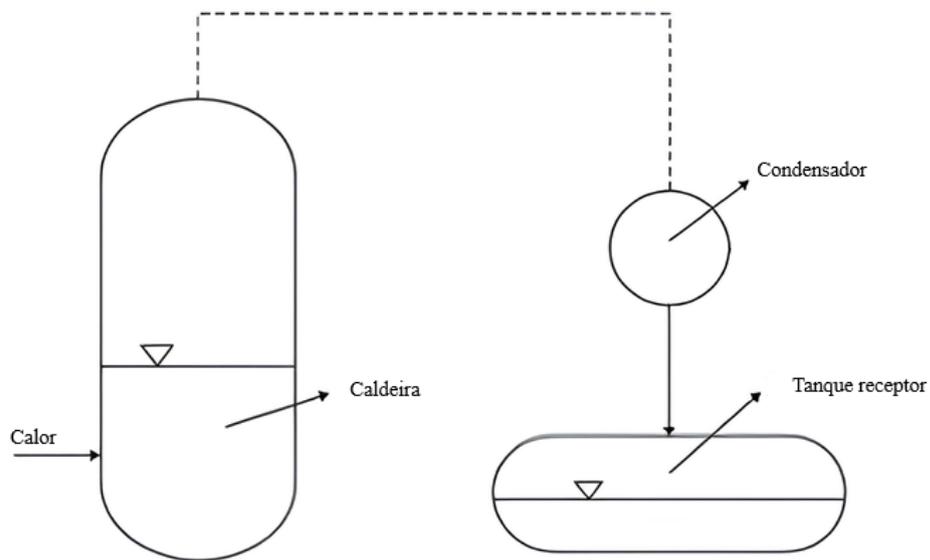
Deste modo como é mais comumente ser encontrada na prática industrial as fases coexistentes líquida e vapor, é necessário conhecer o comportamento de ebulição da mistura e sua pressão de vapor devido a composição da mistura. Visto que, à medida que o processo ocorre, o vapor formado é enriquecido com a fração mais volátil da mistura e o líquido consequentemente tende se a concentrar com o componente menos volátil (Smith; Van Ness; Abbott, 2007; Latyki, 2017).

No todo podemos descrever entre os tipos mais básico de métodos de destilação sendo: a destilação descontínua ou em lotes, através da destilação simples, a destilação em flash e a fracionada ou multi-estágios (Vogelpohl, 2015).

2.7.1 Destilação Simples

Um dos mais simples e conhecidos métodos de destilação é o de destilação simples no qual de modo genérico é composto de um recipiente onde será colocado a mistura a ser destilada, um condensador para liquefazer o vapor produzido e o recipiente coletor do destilado, conforme a Figura 1 (Vogelpohl, 2015).

Figura 1 – Esquemática genérica de um destilador simples



Fonte: Adaptação (Vogelpohl, 2015)

Este método envolve uma única etapa de vaporização e condensação, na qual o líquido é aquecido até que o componente com menor ponto de ebulição forme vapor. A vaporização ocorre devido ao rápido aumento da temperatura ou à redução da pressão. O vapor gerado é direcionado a um condensador, onde é resfriado e coletado em seguida (Latyki, 2017).

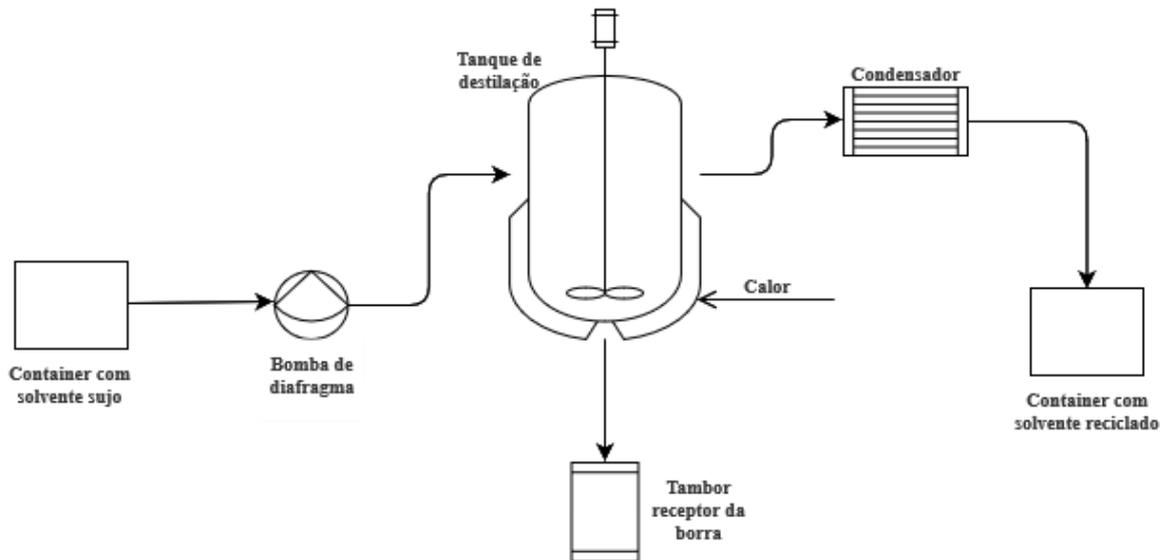
O processo de destilação simples é o mais utilizado para a recuperação de solventes. Esse método permite a separação do solvente dos contaminantes, fazendo com que esses compostos recuperem características semelhantes às iniciais com baixa degradação em sua estrutura molecular em comparação (Latyki, 2017).

2.8 Sistema de Recuperação de Solventes

De modo análogo, a recicladora, nome usualmente usado, nada mais é que um sistema de destilação em escala macro tendo suas configurações de abastecimento, funcionamento e

operação controladas para a recuperação de solventes, com limites de operação e funcionamento sendo projetadas e endereçadas a um sistema com variáveis já conhecidas.

Figura 2 - Diagrama simples da recicladora



Fonte: Autoria própria.

Conforme descrito na literatura e reiterado pela Figura 2, o processo se trata de uma destilação simples voltada a remoção das impurezas contidas no solvente provenientes do processo fabril no qual o solvente foi usado, apresentado a seguir na Figura 3.

Figura 3 – Imagem frontal da Recicladora IST



Fonte: Autoria própria

O equipamento pode operar em diferentes configurações, permitindo a separação de solventes inflamáveis cuja temperatura de autoignição seja superior a 250 °C. Devido à sua construção e os sistemas totalmente importados da Itália, suas especificações de segurança seguem as certificações e padrões da União Europeia (UE).

Este padrão de operação é classificado segundo a ATEX, que se refere ao francês *Atmosphères Explosibles*, traduzido literalmente como Atmosferas Explosivas. Trata-se de uma diretiva europeia que visa harmonizar os padrões de segurança no bloco Europeu para prevenção de explosões em ambientes potencialmente perigosos (EU, 2024).

O IECEx do inglês *International Electrotechnical Commission System for Certification to Standards Relating to Equipment for Use in Explosive Atmospheres*, cuja tradução é Sistema da Comissão Eletrotécnica Internacional para Certificação de Normas Relativas a Equipamentos para Uso em Atmosferas Explosivas, é um sistema de certificação internacional que busca simplificar e agilizar o processo de certificação de equipamentos para áreas de risco em escala global (Process Sensing Technologies, [2024]).

Deste modo os padrões de segurança descritos acima garantem adequação e indicação de funcionamento seguro em ambientes industriais nos quais sejam utilizados gases, solventes ou outros produtos químicos inflamáveis que possam afetar o funcionamento pleno do maquinário.

2.9 Indicadores de Desempenho (KPI) e Indicadores Chaves de Resultado (KRI)

No processo de reciclagem, apesar de simples, é necessário o conhecimento das métricas e KPIs relacionados à operação, visto que somente por meio dessas medições é possível determinar, por exemplo, a eficiência, a produtividade, a relação custo-benefício, entre outras informações diversas.

Conforme Camilleri (2024) discorre, os KPIs são uma categoria de medidas de desempenho que podem avaliar tanto o sucesso da organização quanto uma atividade realizada por ela. Assim, um KPI é um valor mensurável que demonstra o grau de eficácia que a organização atinge na implementação de seus objetivos e negócios.

Corroborando a importância dos KPIs, eles são os principais indicadores que enfocam os aspectos de desempenho organizacional fundamentais para o sucesso presente e futuro da corporação, sendo a junção de um ou mais indicadores. Conforme a Tabela 3, podemos observar as sete características básicas que constituem esse conjunto de indicadores-chave de desempenho.

Tabela 3 – Características dos KPIs

Não Financeiro	1. Medidas não financeiras (por exemplo, não expressas em reais, dólares, euros etc.).
Tempestivo	2. Medido frequentemente (por exemplo, 24/7, diariamente ou semanalmente).
Foco do Gestor	3. Ação tomada pelo Gestor e a equipe de alta gestão.
Simplicidade	4. Todos os colaboradores entendem a medida e qual ação corretiva é necessária.
Baseado em Equipe	5. A responsabilidade pode ser atribuída a uma equipe ou a um conjunto de equipes que trabalham em estreita colaboração.
Impacto Significativo	6. Grande impacto na organização (por exemplo, afeta mais de um dos principais indicadores de sucesso e mais de uma perspectiva do <i>balanced scorecard</i>).

Impacto Negativo Limitado	7. Medidas incentivam ações apropriadas (por exemplo, foram testadas para garantir que tenham um impacto positivo no desempenho, enquanto medidas mal pensadas podem levar a comportamentos disfuncionais).
----------------------------------	---

Fonte: Adaptado (Parmenter, 2015)

Porém, outro parâmetro utilizado muitas vezes, equivocadamente colocado em conjunto, se trata do Key Result Indicator (KRI), no qual de modo direto pode ser resumido como parâmetros os quais fornecem a um conselho ou supervisão um resumo geral do desempenho da organização ou processo medido em um espaço temporal (Parmenter, 2015).

Uma das principais diferenciações entre esses conjuntos de medições-chave está no intervalo de tempo em que são aplicados. Os KRIs mostram o desempenho passado, analisando tendências mensais ou ao longo de aproximadamente 18 meses, enquanto os KPIs tendem a focar em atividades recentes, como na semana passada, na semana retrasada, ontem ou hoje, sendo passíveis de ajustes diretos conforme o desempenho e os resultados observados (Parmenter, 2015).

Em síntese, na Tabela 4 temos uma singela diferenciação das principais diferenças entre estes dois parâmetros e suas funções respectivamente.

Tabela 4 – Diferenças entre KRIs e KPIs

KRIs	KPIs
Podem ser financeiros e não financeiros (por exemplo, retorno sobre o capital empregado e satisfação do cliente).	Medidas não financeiras (por exemplo, não expressas em reais, dólares, ienes, euros etc.).
As medições são realizadas mensalmente e às vezes em um período trimestral.	Medido frequentemente (por exemplo, 24/7, diariamente ou semanalmente).
Reportado ao Supervisão como um bom resumo do progresso até o momento.	Reportado ao Gestor e à equipe de alta gestão.
Não ajuda muito a gestão porque não indica o que é necessário corrigir.	Todos os colaboradores entendem a medida e qual ação corretiva é necessária.
Comumente, a única pessoa responsável por um KRI é o CEO.	A responsabilidade pode ser atribuída a uma equipe ou a um conjunto de equipes que trabalham em estreita colaboração.

Um KRI é projetado para resumir o progresso em uma área específica. Tende a focar nos fatores críticos de sucesso externos, assim como nas expectativas dos membros do conselho.	Grande impacto na organização (por exemplo, afeta mais de um indicador interno de sucesso e mais de uma perspectiva do <i>balanced scorecard</i>).
Um KRI é resultado de muitas atividades gerenciadas por uma variedade de profissionais.	Focado em uma atividade específica.
Normalmente relatado por meio de um gráfico de tendência que cobre pelo menos os últimos meses de atividade.	Normalmente relatado por meio de um sistema interno indicando atividade, responsabilidade, histórico, para que um telefonema significativo possa ser feito.

Fonte: Adaptação (Paramenter, 2015)

2.10 Softwares Industriais e a sua Integração na Cadeia Produtiva

Com os avanços da tecnologia e a crescente demanda por informações para a tomada de decisões, a inclusão digital chegou nas indústrias com o objetivo de canalizar e centralizar a tomada de decisões e registro com dados sólidos.

A informação tornou-se um insumo essencial para a sobrevivência de qualquer organização, tornando-se, portanto, torna se indispensável que as informações sejam confiáveis, adequadas e no momento certo, de modo que o processo decisório seja eficaz e eficiente (Andrade, 2006).

Diante desta necessidade, surge softwares comerciais denominados *Enterprise Resource Planning* (ERP), sendo uma alternativa para a centralização e distribuição de dados de maneira segura e confiável integrando os diversos setores de uma empresa abrangendo as rotinas administrativas, de produção e até mesmo recursos humanos. (Capelli; Stork; Schunski; Toazza; Leoni, 2014).

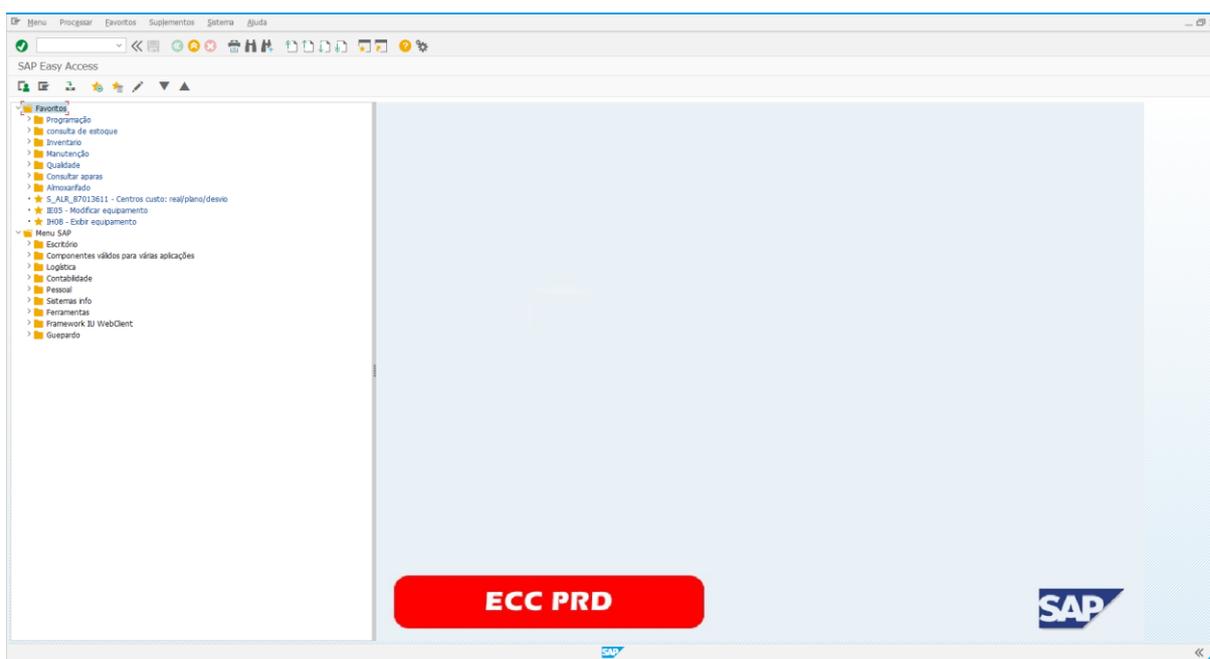
O software utilizado para a consulta de dados de consumo e custos do solvente limpo utilizado foi o SAP derivado do alemão *Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung*, em português, Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados.

O Sistema SAP é constituído por camadas de *front-end*, *application* e *database*. A primeira é responsável por passar todas as informações para os colaboradores na tela. A segunda tem como objetivo processar

operações e a terceira armazena todos os dados e operações processadas (Redação BRQ, 2024).

Conforme a Figura 4, temos o ambiente de trabalho do ERP SAP de onde através de diversas telas é possível realizar transações na criação e busca de dados.

Figura 4 - Ambiente da ERP SAP



Fonte: Autoria própria

Corroborando com uma fonte confiável de dados surgem programas de *Business Intelligence* ou Inteligência de dados, no qual podem ser descritas como tanto a análise analítica quanto os processos e tecnologias utilizados para a coleta, gestão e relato de decisões orientadas por dados (Cerqueira, 2021).

Dessa forma, para trabalhar com grandes conjuntos de dados, ferramentas administrativas mais básicas, embora poderosas, como o Microsoft Excel, tornam-se desnecessariamente complicadas. Por isso, utilizou-se o Power BI, que é uma coleção de serviços de software, aplicativos e conectores que trabalham em conjunto para transformar fontes de dados não relacionadas em informações coerentes, visualmente atrativas e interativas (Microsoft, 2024).

3.0 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS E DISCUSSÃO

Durante o desenvolvimento do estágio na empresa Videplast, localizada em Rio Verde, na região sudoeste do estado de Goiás, voltada para a produção de plásticos e embalagens

flexíveis, uma das várias práticas profissionais aliadas ao conhecimento teórico foi o acompanhamento e a criação de relatórios e dashboards para monitoramento do conjunto de KPIs e KRIs, com foco no acompanhamento e na melhoria do processo, destacando a importância de instrução e orientação aos colaboradores no preenchimento de checklists.

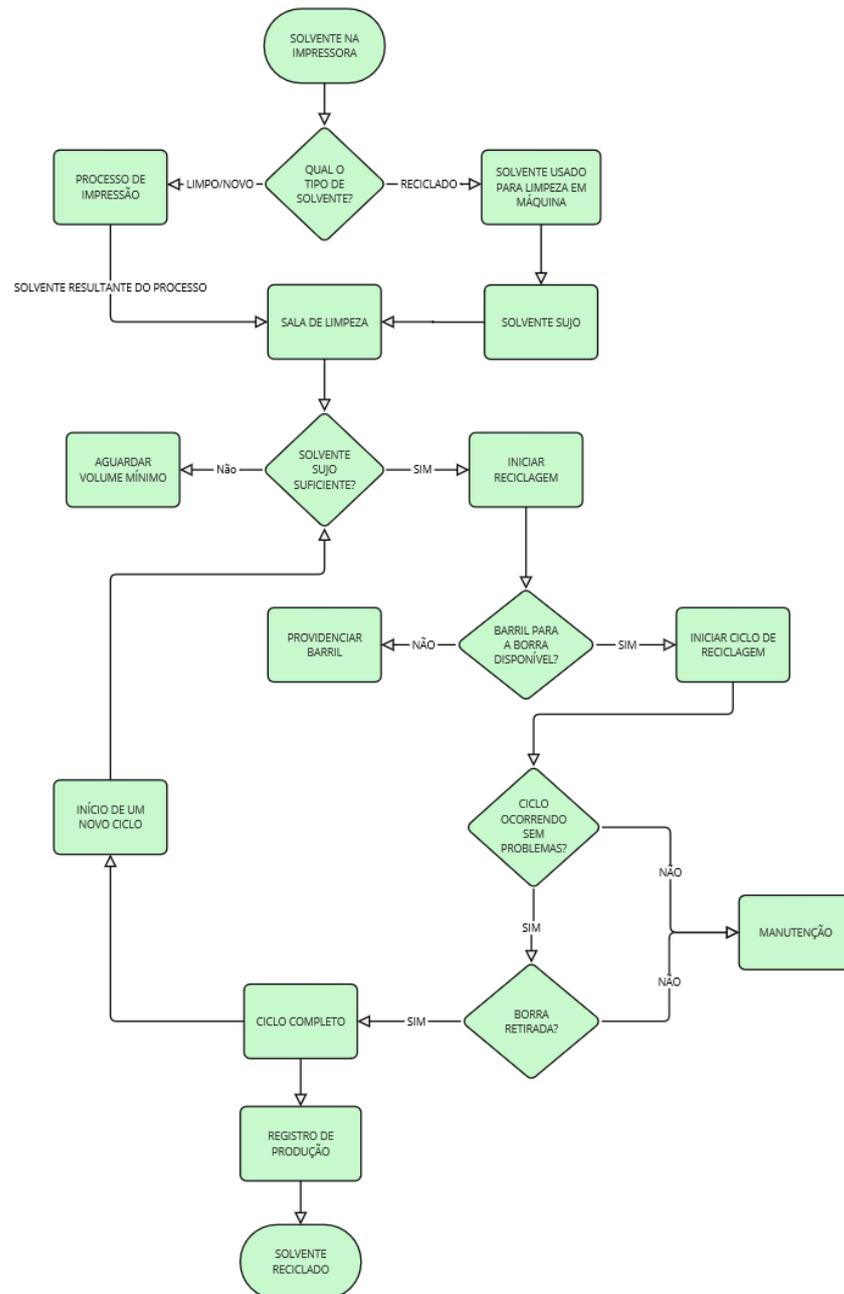
Serão apresentados os resultados do uso de ferramentas básicas de administração e cálculo, como o Pacote Office (Microsoft Excel, Microsoft Word etc.), sistemas de ERP, como o SAP, e a evolução com o uso de programas de inteligência de negócios, como o Microsoft Power BI, para a geração de relatórios. Tudo isso aliado à criação, manutenção e análise de métricas obtidas no processo de reciclagem e consumo de solvente.

3.1 Estrutura do Processo de Reciclagem

Antes de chegarmos à confecção e agrupamento dos dados para elaboração das métricas é importante saber a estrutura produtiva voltada ao solvente. No caso, desde o uso em máquina, armazenamento, disposição para o abastecimento no destilador tanto como o solvente já reciclado e sua utilização em máquina para limpeza e na sala de limpeza de peças.

Na Figura 5, temos um fluxograma representado a estrutura e tomada de decisões voltada ao uso e reciclagem do solvente.

Figura 5 – Fluxograma das etapas até a reciclagem do solvente



Fonte: Autoria própria

3.2 Análise Espectroscópica do Solvente

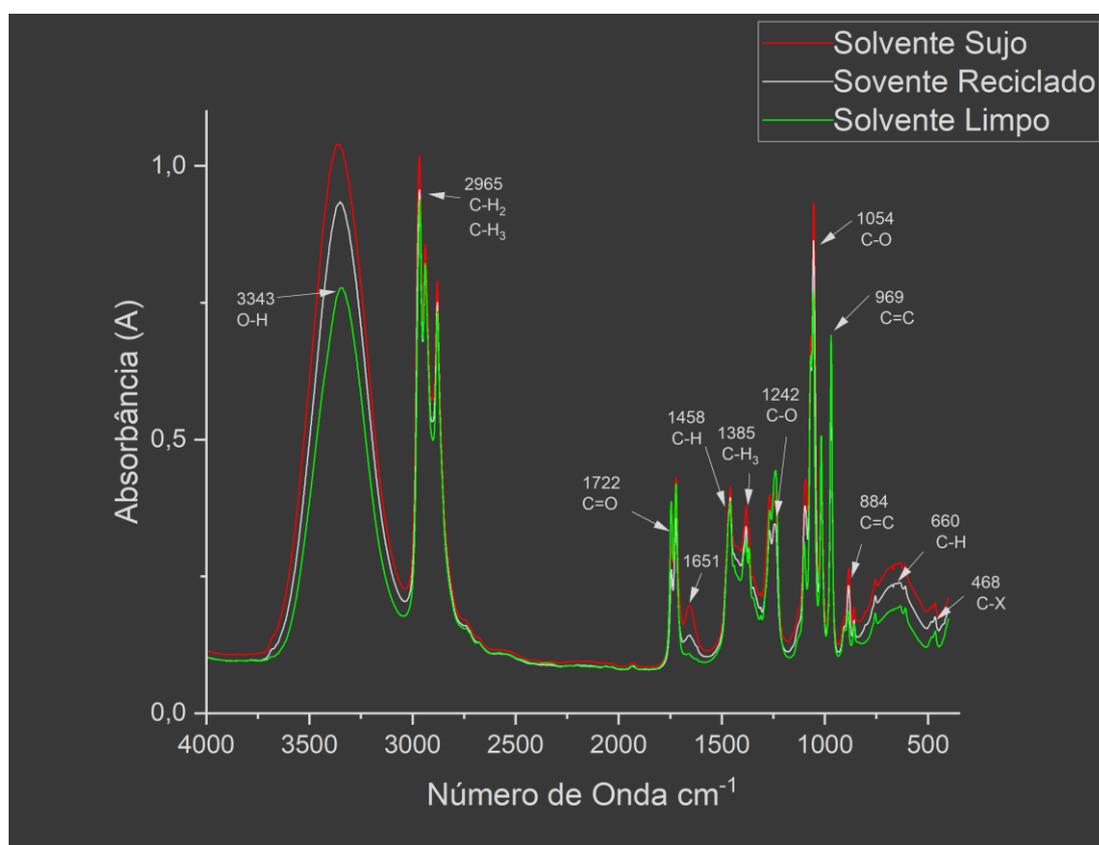
Conhecendo o processo, podemos chegar nas principais formas de contaminação e uso do solvente. Deste modo, durante o mês de abril de 2024 foram coletadas 3 amostras para determinação através espectroscopia na região do infravermelho do solvente limpo, sujo e

reciclado para determinar as diferenças em cada etapa do processo e a eficácia durante o processo de regeneração.

Logo, com ajuda do software Origin obtido através de uma licença de estudante, programa este muito utilizado no meio acadêmico para o *plot* de dados, utilizado mundialmente tanto por cientistas e engenheiros, foi construída a análise gráfica resultante da espectroscopia na região do infravermelho (OriginLab Corporation, 2024).

Conforme observemos na Figura 6, temos a clara distinção entre o solvente durante os 3 estágios no qual ele passa pela produção e alguns dados notáveis sendo observados pelos seus picos.

Figura 6 - Análise do Solvente em diferenças etapas do processo



Fonte: Autoria própria

Podemos observar diante da análise que, tomando como referência o solvente limpo ou novo, há um aumento nas bandas de estiramento e deformação de O-H, indicando o aumento dos componentes nos solventes regenerado e sujo podendo indicar que durante o processo de impressão flexográfica temos contaminações com compostos orgânicos e possivelmente água (Silverstein, Webster e Kiemle, 2005).

Projetados principalmente pela banda 3343 cm^{-1} , estiramento na qual demonstra diferença perceptível em cada ponto máximo do gráfico, sendo também notável o estiramento na banda de 1651 cm^{-1} . Sendo uma característica da presença de água devido a deformação angular da ligação O-H, de modo simplificado, o resultante da vibração da molécula de água na qual os átomos de hidrogênio se movem em direções opostas, como sendo reforçado pelo pico na região $3400\text{-}3500\text{ cm}^{-1}$.

Chegando na banda de onda de 1722 cm^{-1} e 1242 cm^{-1} onde é uma região conhecida por estiramentos de carbonilas sendo este comum em cetonas, ésteres, ácidos carboxílicos ou aldeídos. Nas bandas entre 1054 e 969 cm^{-1} podem ser atribuídas ao estiramento C-O, presentes em álcoois e éteres sendo o pico em 1054 notório de álcoois secundários ou terciários.

Por fim nos comprimentos de 884 , 660 e 468 cm^{-1} temos a região de *fingerprint*, ou seja, é a região onde são encontradas vibrações complexas que tendem a ser únicas para cada molécula. Possivelmente sendo de maior valor no solvente reciclado devido ao contato com diferentes tipos de tintas que podem contêm variados tipos de substâncias para a cor desejada.

Corroborando com a eficiência da recicladora, chegamos a está análise na qual a comparação gráfica é exibida uma redução considerável nos picos observados no solvente sujo indicando uma boa recuperação do seu estado original, removendo impurezas e umidade.

3.3 Orientação, Coleta e Instrução de Preenchimento dos Checklists

Conhecendo a estrutura de decisões para o início do ciclo de reciclagem do solvente, uma parte importante para construção das métricas relacionadas a produção, consiste em orientação quanto ao preenchimento correto e uniforme dos checklists conforme Figura 7 e Figura 8.

Figura 7 - Checklist de produção

**CHECKLIST
IBC PRODUÇÃO**

Ficha de Controle de Ciclos da Recicladora de Solvente							
IMPORTANTE							
Favor realizar o preenchimento de todos os campos diariamente. Os dados coletados são muito importante para buscarmos melhorias para o processo.							
Linha	Data	Operador	Hora Início	Hora Fim	Nível Inicial (L)	Nível Final (L)	Observações
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
Nota: Em caso de erro, traçar a informação errada, marcar com um * e usar o campo abaixo para colocar a informação correta com o número da linha. Ex.: errado*							
ERRATA							
Linha	Informação correta						

Fonte: Adaptação (Videplast, 2024) e arquivos pessoais.

Figura 8 – Checklist de estoque

**CHECKLIST
IBC ESTOQUE**

Ficha de Controle de Ciclos da Recicladora de Solvente							
IMPORTANTE							
Favor realizar o preenchimento de todos os campos diariamente. Os dados coletados são muito importante para buscarmos melhorias para o processo.							
Linha	Data	Operador	Hora Início	Hora Fim	Nível Inicial (L)	Nível Final (L)	Observações
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
Nota: Em caso de erro, traçar a informação errada, marcar com um * e usar o campo abaixo para colocar a informação correta com o número da linha. Ex.: errado *							
ERRATA							
Linha	Informação correta						

Fonte: Adaptação (Videplast, 2024) e arquivos pessoais.

Nas Figuras 7 e 8, os checklists têm função pós-produção, sendo utilizados para anotar a data, horário de início e término, volume inicial e final no reservatório, e um campo de observações, caso necessário. Os campos são os mesmos em ambos, variando apenas na

finalidade: o primeiro destina-se à contabilização da reciclagem, enquanto o segundo se refere à quantidade total de solvente na produção.

Uma parte importante no monitoramento voltado a criação de métricas e análise crítica do preenchimento, devido a rotatividade em três turnos, garantir que os colaboradores responsáveis pelo preenchimento entendam e saibam preencher é fundamental para garantir a consistência dos dados e na confiabilidade dos dados apresentados.

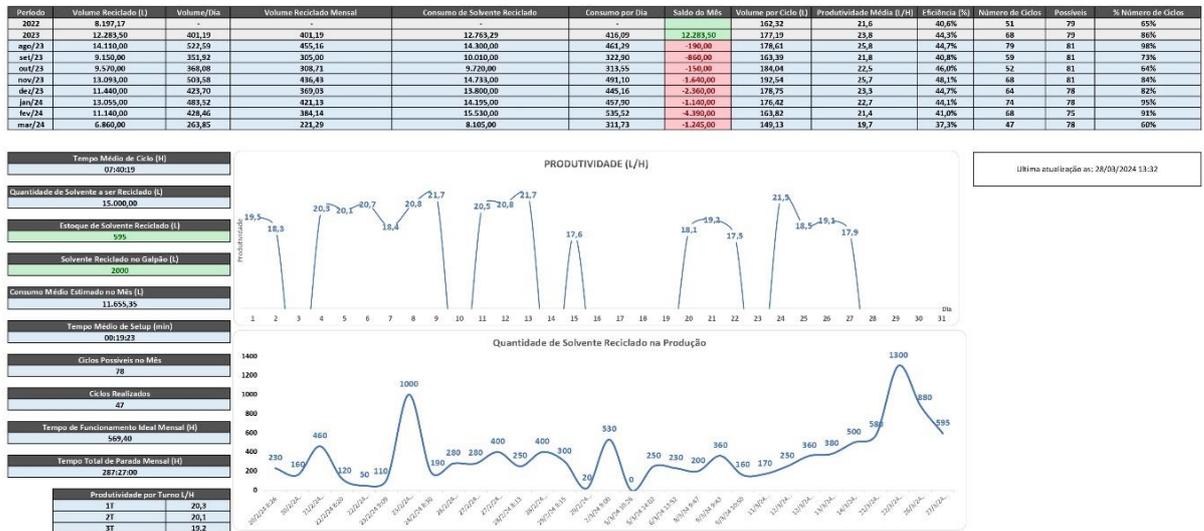
3.4 Criação e Manutenção das Métricas do Processo

Após a coleta de dados por meio dos checklists, o próximo passo envolve o uso de softwares corporativos, principalmente o Microsoft Excel e, posteriormente, o Microsoft Power BI.

Embora existissem projetos e planilhas anteriores para a síntese e visualização das métricas, devido à baixa atratividade visual e à ausência de um *storytelling* cativante, os dados coletados e os KPIs estruturados raramente eram divulgados ou apresentados à supervisão, limitando-se a um registro para arquivamento.

Diante dessa necessidade, um dos principais pontos desenvolvidos foi a criação e o rearranjo de um dashboard básico no Microsoft Excel, com envio diário, com base em feedbacks recebidos, prática comum durante o estágio. Assim, as Figuras 9 e 10 apresentam a segunda versão da planilha para uso interno, com enfoque no acompanhamento diário e na disseminação dos KPIs.

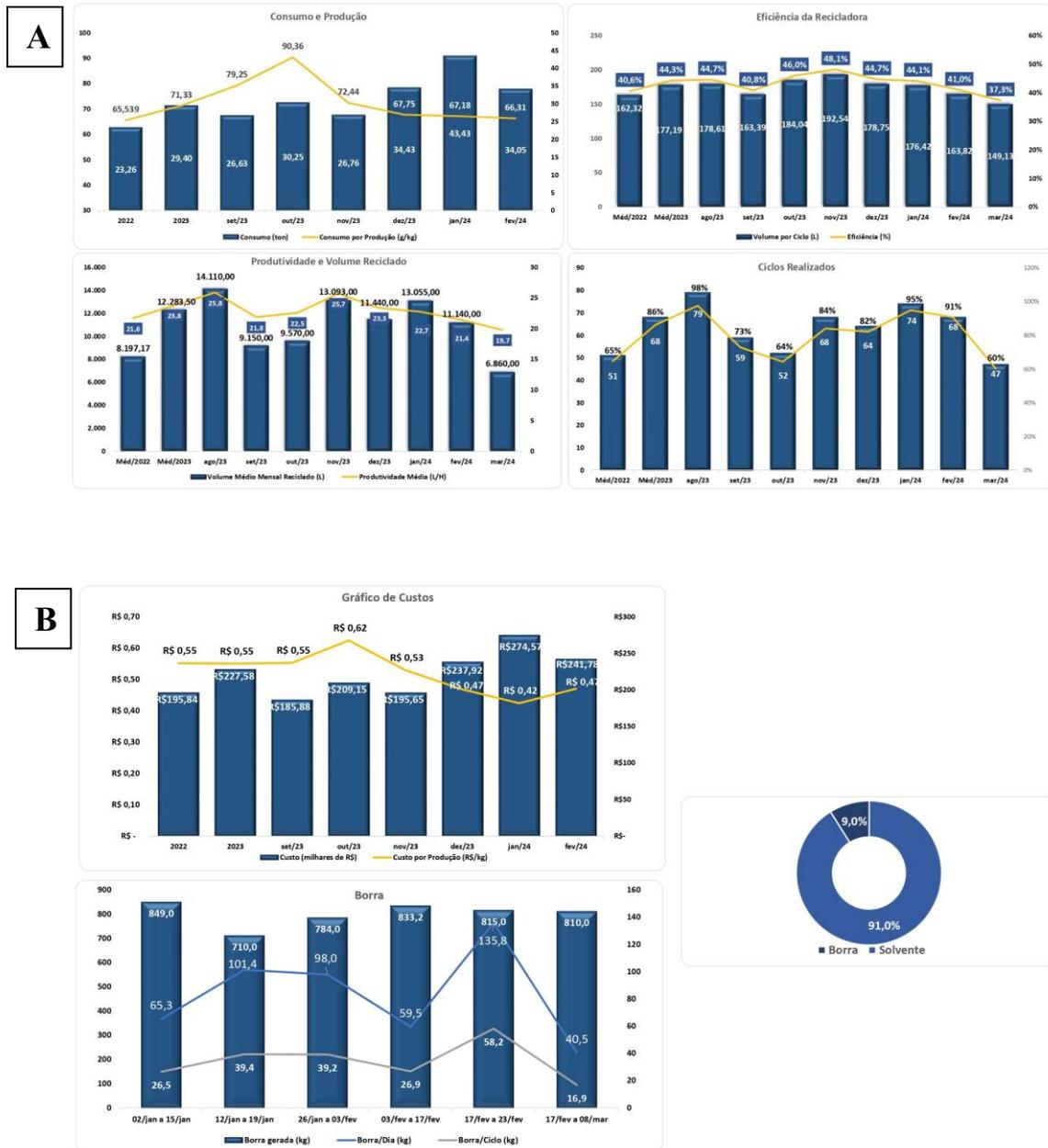
Figura 9 - Segunda versão do dashboard em Microsoft Excel



Fonte: Autoria própria

A Figura conforme observemos, apresenta métricas completas e algumas opcionais como “volume na produção”, porém, apesar serem informativas carecem da principal característica que no caso seria a sua apresentação visual, apresentada na Figura 10 parte A e B.

Figura 10 – Síntese dos dados em formato gráfico



assim da terceira versão já voltada a apresentação e divulgação destes dados de forma consistente e logica.

3.5 Paradigmas do Custo-Benefício

Durante o desenvolvimento das atividades de estágio, esteve em coesão o uso de duas recicladoras uma mais antiga da marca *Procegraf* com mais de 10 anos de operação e a nova máquina da marca *IST* que veio para aposentar a mais velha. Observadas pelas Figuras 12 e 13 respectivamente.

Figura 11 – Recicladora Procegraf



Fonte: Autoria própria

Figura 12 – Recicladora com contêiner contendo solvente sujo a direita e o reciclado a esquerda



Fonte: Autoria própria

Entramos em um paradigma de custos voltado a baixa eficiência de produção em um longo ciclo de 7 horas no qual estes fatores foram essenciais, juntamente com análise de dados, para a compra da nova regeneradora de solventes conforme evidenciado tanto por seus problemas recorrentes e parâmetros de operação corroborando pela Figura 14 na qual nos mostra algumas métricas dela até o período de março de 2024.

Figura 13 – Métricas de desempenho desenvolvidas no Microsoft Excel

Período	Volume Reciclado (L)	Volume/Dia	Volume Reciclado Mensal	Consumo de Solvente Reciclado	Consumo por Dia
Méd/2022	8.197,17	-	-	-	-
Méd/2023	12.283,50	401,19	401,19	12.763,29	416,09
ago/23	14.110,00	522,59	455,16	14.300,00	461,29
set/23	9.150,00	351,92	305,00	10.010,00	322,90
out/23	9.570,00	368,08	308,71	9.720,00	313,55
nov/23	13.093,00	503,58	436,43	14.733,00	491,10
dez/23	11.440,00	423,70	369,03	13.800,00	445,16
jan/24	13.055,00	483,52	421,13	14.195,00	457,90
fev/24	11.140,00	428,46	384,14	15.530,00	535,52
mar/24	6.860,00	221,29	221,29	8.105,00	261,45

Saldo do Mês (L)	Volume por Ciclo (L)	Produtividade Média (L/H)	Eficiência (%)	Número de Ciclos	Possíveis	% Número de Ciclos
12.283,50	162,32	21,6	40,6%	51	79	65%
-190,00	178,61	23,8	44,3%	68	79	86%
-860,00	178,61	25,8	44,7%	79	81	98%
-150,00	163,39	21,8	40,8%	59	81	73%
-1.640,00	184,04	22,5	46,0%	52	81	64%
-2.360,00	192,54	25,7	48,1%	68	81	84%
-1.140,00	178,75	23,3	44,7%	64	78	82%
-4.390,00	176,42	22,7	44,1%	74	78	95%
-1.245,00	163,82	21,4	41,0%	68	75	91%
-1.245,00	149,13	19,7	37,3%	46	78	59%

Fonte: Autoria própria

Nesta situação, o uso de solvente nobre era a única opção para limpeza, gerando desperdícios e encarecimento de toda linha do processo devido ao maior custo do reagente usado no processo de impressão no filme plástico.

Dessa forma, com um ciclo de aproximadamente 7 horas e 30 minutos, no qual se abasteciam 400 litros, realizado em média três vezes ao dia, observou-se uma eficiência média abaixo de 40%, tomando-se como referência o mês de março. Ao verificar a coluna “Consumo por Dia” e comparar o “Volume/dia”, surgiu uma discrepância, indicando que o consumo superava a quantidade reciclada, o que era visível na coluna “Saldo do Mês”, predominantemente em vermelho.

Nessa situação, o uso de solvente nobre era a única opção para limpeza, resultando em desperdícios e no aumento de custo de toda a linha de produção, devido ao elevado preço do reagente utilizado no processo de impressão em filme plástico

3.6 Evolução no *Storytelling* de Dados

Durante o período de estágio, uma das atividades que demandava tempo era a síntese dos dados de produção e a criação de relatórios completos ao final do mês. Devido ao baixo apelo visual e à necessidade recorrente de apresentação e explicação dos dados, uma das alternativas e soluções foi o uso de softwares que oferecem *insights* completos, sendo o Microsoft Power BI a ferramenta escolhida para a criação de relatórios robustos.

Conforme afirma Knafllic (2019), quanto mais complexo um visual ou relatório aparenta ser, mais tempo o público acredita que levará para compreendê-lo, e, conseqüentemente, menor é a probabilidade de desejar entender o mesmo.

Com um dilema em mãos, pois, embora os dados estivessem bem agrupados e representados graficamente para facilitar o entendimento, ainda apresentavam certa dificuldade de compreensão. Portanto, foi necessário unir esses dados do 'chão de fábrica', do sistema e os cálculos realizados de forma que se tornassem acessíveis e compreensíveis.

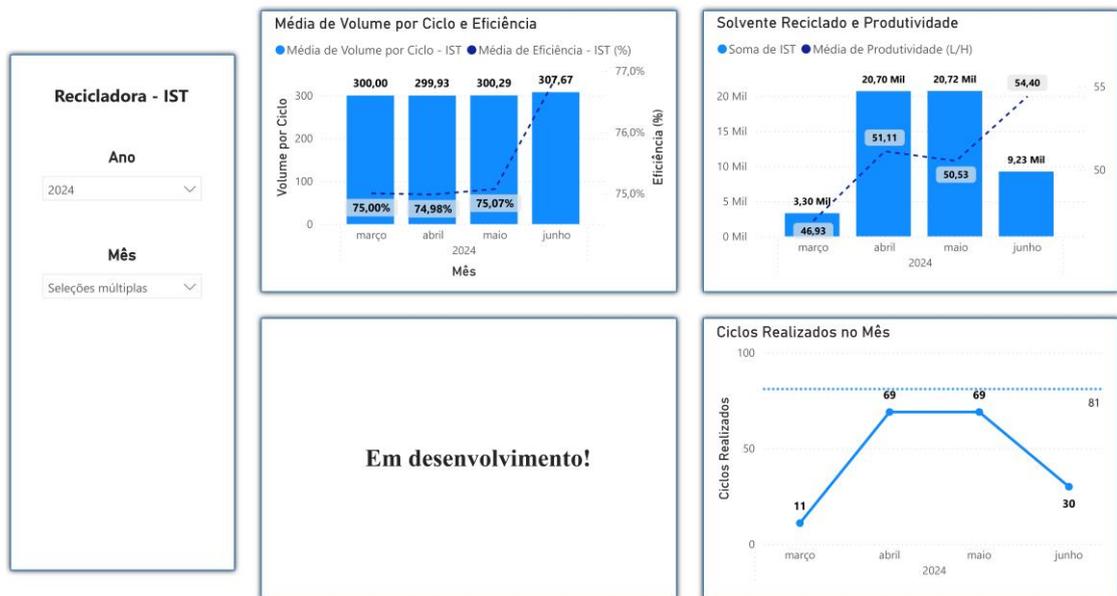
Nas Figuras 15 e 16, encontra-se o primeiro modelo criado para agrupar esses dados para fácil visualização, sendo este enviado em formato PDF e PBIX (extensão de arquivo do Microsoft Power BI) para uma visualização mais aprofundada e interativa proporcionada pelo software.

Figura 15 – Página 1 da primeira versão do dashboard usando o Microsoft Power BI



Fonte: Autoria própria

Figura 16 – Página 2 da primeira versão do dashboard



Fonte: Autoria própria

A primeira versão utilizada, devido ao conhecimento prático e teórico adquirido recentemente, apresentava algumas lacunas importantes, já destacadas anteriormente nas

planilhas. Por isso, foi necessário realizar novos ajustes até chegarmos à versão final, que complementa os custos envolvidos com o solvente limpo e o consumo na produção.

Knafllic (2019) destaca que as pessoas tendem a perceber designs estéticos como mais fáceis de usar, independentemente de serem realmente mais funcionais. Relatórios com um design estético mais elaborado, com o tempo, são vistos como mais fáceis de ler, o que aumenta sua aceitação e favorece a capacidade crítica e a resolução de problemas.

Nas Figuras 17, 18 e 19, é possível observar um maior domínio de técnicas de manipulação e visualização de dados utilizando ferramentas avançadas de inteligência de dados, o que é essencial em um mercado competitivo, onde informações precisas e visualmente acessíveis são fundamentais para a tomada de decisões.

Figura 17 – Página 1 da versão final do dashboard usando o Microsoft Power BI com dados gerais



Fonte: Autoria própria

Figura 18 – Página 2 da versão final do dashboard com dados mensais



Fonte: Autoria própria

Figura 19 – Página 3 da versão final do dashboard com dados de consumo e custo do solvente novo



Fonte: Autoria própria

4.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estágio desenvolvido no ambiente fabril, voltado para a produção, teve um papel fundamental na complementação da formação do curso de Engenharia Química, proporcionando aplicações práticas dos conceitos aprendidos em sala de aula.

Vivências voltadas à liderança, resolução de problemas e operação de maquinários industriais foram amplamente experienciadas ao longo do estágio. Além disso, a experiência permitiu a imersão em um ambiente real de trabalho, onde desafios relacionados à otimização de processos e à eficiência produtiva foram enfrentados.

O contato com o maquinário industrial, especificamente as recicladoras de solvente, também possibilitou a aplicação prática do conceito de destilação, além de destacar as possibilidades na área de manutenção preventiva e corretiva para a conservação da capacidade diária de produção, conforme evidenciado nos dashboards.

Além disso, foram aplicados conceitos de análise de falhas, observando as métricas produtivas, para prever possíveis problemas antes que causassem interrupções na produção.

Portanto, podemos afirmar que os conhecimentos adquiridos durante a graduação, por meio do desenvolvimento da capacidade analítica e crítica, foram essenciais para identificar lacunas durante o estágio e permitir o desenvolvimento de KPIs, dashboards e relatórios, utilizando desde softwares simples como o Pacote Office até soluções mais avançadas, como ferramentas de BI.

Este relatório visa apresentar uma breve descrição do potencial alcançado e da experiência adquirida com a introdução no ambiente profissional, fora do contexto acadêmico, e das oportunidades surgidas na área de Engenharia Química. Essa transição proporcionou uma visão mais clara das dinâmicas industriais e das possibilidades que a graduação em Engenharia Química pode oferecer.

5.0 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANDRADE, S. C.-R. DE. Processo de inclusão digital em rede empresarial do segmento de suprimentos industriais: utilização de tecnologias de informação e comunicação. **Ciência da Informação**, v. 35, n. 1, p. 7–15, jan. 2006.

BURKE, John. **Solubility Parameters: Theory and Application**. Washington, Dc: The American Institute for Conservation, 1984. 3 v. Disponível em:

<https://cool.culturalheritage.org/coolaic/sg/bpg/annual/v03/bp03-04.html>. Acesso em: 28 set. 2024.

CAMILLERI, Emanuel. **Key Performance Indicators: the complete guide to kpis for business success**. Nova York: Routledge, 2024. 576 p.

CAPELLI, Andressa Lacerda; STORK, Emanuela; SCHUNSKI, Fernanda; TOAZZA, Mieli; LEONI, Thais. IMPLEMENTAÇÃO E AVALIAÇÃO DO SISTEMA ERP-SAP NA EMPRESA JOHN DEERE BRASIL - FÁBRICA DE TRATORES. **Caderno de Administração**. São Paulo, dez. 2014. p. 38-49. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/caadm/article/download/21135/19679/0>. Acesso em: 27 set. 2024.

CERQUEIRA, Luiz Felipe Capobiango. **Elaboração de Dashboard de indicadores de processo logístico através de ferramenta de Business Intelligence em empresa do setor de óleo e gás**. 2021. 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia de Produção, Escola de Engenharia da Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2021. Disponível em: https://app.uff.br/riuff/handle/1/23223?locale-attribute=pt_BR. Acesso em: 28 set. 2024.

CHEREMISINOFF, Nicholas P. **Industrial Solvents Handbook: second edition**. 2. ed. Nova York: Marcel Dekker, Inc, 2003. 352 p.

COMISSÃO EUROPEIA. **ATEX 2014/34/EU GUIDELINES: ATEX 2014/34/EU Guidelines**. 5 ed. União Europeia: Comissão Europeia de Serviços, 2024. 239 p. Disponível em: <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/59156>. Acesso em: 10 ago. 2024.

HALVORSEN, I. J.; SKOGESTAD, S. Theory of Distillation. In: **ENCYCLOPEDIA OF SEPARATION SCIENCE**. 1. ed. Trondheim, Noruega: Academic Press, 2000.

HILDEBRAND, J. H.; SCOTT, R. L. **The solubility of nonelectrolytes**. 3. ed. New York: Reinhold, 1950.

KNAFLIC, Cole Nussbaumer. **Storytelling com dados: um guia sobre visualização**. 2. ed. Rio de Janeiro: Starlin Alta Editora e Consultoria Eireli, 2019. 256 p.

LATYKI, Bruna Lupepsa. **COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE RECUPERAÇÃO DE SOLVENTE INDUSTRIAL POR DESTILAÇÃO SIMPLES E FRACIONADA**. 2017. 57 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017.

MICROSOFT. **O que é Power BI?** 2024. Disponível em: <https://learn.microsoft.com/pt-br/power-bi/fundamentals/power-bi-overview>. Acesso em: 27 set. 2024.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL (Brasília). **Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil.** 2025. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 15 fev. 2025.

ORIGINLAB CORPORATION (Northampton). **Origin and OriginPro: introduction.** Introduction. 2024. Disponível em: <https://www.originlab.com/index.aspx?go=PRODUCTS/Origin>. Acesso em: 05 jun. 2024.

PARMENTER, David. **Key Performance Indicators: developing, implementing, and using winning kpis.** 3. ed. Nova Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2015. 448 p

PETLYUK, F. B. **Distillation Theory and Its Application to Optimal Design of Separation Units.** Reino Unido: Cambridge University Press, 2004. 362 p.

POLING, Bruce E.; PRAUSNITZ, John M.; O'CONNELL, John P. **The Properties of Gases and Liquids.** 5. ed. Nova York: McGraw Hil, 2000. 768 p. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5516437/course/section/6014437/The%20Properties%20of%20Gases%20and%20Liquids%20%285th_ed%29-RC%20Reid%2C%20JM%20Prausnitz%20%20BE%20Poling%202004.pdf. Acesso em: 29 set. 2024

PROCESS SENSING TECHNOLOGIES (Rio de Janeiro). **Entendendo a ATEX e a IECEx.** [2024]. Disponível em: <https://www.processsensing.com/pt-br/blog/entendimento-atex-iecex-hazardous-areas.htm>. Acesso em: 10 ago. 2024.

RAY, M. S. Historical Development. In: **ENCYCLOPEDIA OF SEPARATION SCIENCE.** 1. ed. Perth, Australia: Academic Press, 2000.

REDAÇÃO BRQ (São Paulo). **O que é Sistema SAP e como ele funciona? Entenda tudo aqui!** 2024. Disponível em: <https://blog.brq.com/o-que-e-sistema-sap/>. Acesso em: 27 set. 2024.

RIBEIRO, Rogerio. **KPI – Indicador de Performance x Indicador de Resultado.** 2020. Disponível em: <https://iperf.com.br/kpi-indicador-de-performance-x-indicador-de-resultado/>. Acesso em: 05 jun. 2024.

SCARPETA, Eudes. **Flexografia Manual Prático**. São Paulo: Bloco Comunicação Ltda, 2007. 229 p.

SILVERSTEIN, Rober M.; WEBSTER, Francis X.; KIEMLE, David J. **Spectrometric Identification of Organic Compounds**. 7. ed. Nova York: John Wiley & Sons, Inc, 2005. 550 p.

SMITH, J.M.; VAN NESS, H. C.; ABBOTT, M.M. **Introdução a termodinâmica da engenharia química**. 7. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2007.

ST. **Manual de Instruções Uso e Manutenção - Recuperador de Solventes ATEX ECO ROTO PLUS 122-202-400**. 1. ed. Modena: IST Italia Sistemi Tecnologici S.p.A., 2022.

STOYE, Dieter; FREITAG, Werner (ed.). **Paints, Coatings and Solvents**: second, completely revised edition. 2. ed. Weinheim: Wiley-Vch, 1998. 431 p.

VIDEPLAST (Santa Catarina). **PROCESSO PRODUTIVO**. [2024]. Disponível em: [PROCESSO PRODUTIVO](#). Acesso em: 28 set. 2024.

VOGELPOHL, Alfons. **Distillation**: the theory. Alemanha: Walter de Gruyter GmbH, 2015.

WYPYCH, George (ed.). **Handbook of Solvents**: volume 1: properties. 2. ed. Toronto: Chemtec Publishing, 2014. 1 v.

WYPYCH, George (ed.). **Handbook of Solvents**: volume 2. use, health, and environment. 3. ed. Toronto: Chemtec Publishing, 2019. 2 v.