

RAUTER
QUÍMICA

Schana Andréia da Silva

Solventes Orgânicos Industriais



FUNDAÇÃO ESCOLA TÉCNICA

LIBERATO

SALZANO VIEIRA DA CUNHA



Nossa trajetória está repleta de superação, persistência e parceria, criando uma cultura que segue de geração em geração.

Com mais de 70 anos de história, acreditamos em relacionamentos comerciais sólidos, no cumprimento responsável de normas e na busca constante por inovação e excelência. Valorizamos o cliente em cada negociação através do atendimento, a comercialização e a fabricação de produtos químicos de qualidade.

Distribuímos, comercializamos, desenvolvemos e importamos thinners e solventes para os mais diversos segmentos de mercado.

Contamos com uma extensa linha de produtos, além da possibilidade de desenvolver produtos sob encomenda. Nossa matriz, focada em demandas industriais e atacadistas, está localizada no Distrito Industrial de Gravataí, RS. Nossa filial em Porto Alegre comercializa tintas, thinners e solventes para consumidor final. Atendemos todas as regiões do Brasil.

Fornecemos produtos químicos com qualidade e segurança, buscando a satisfação total do cliente.

Prezamos pela execução dos prazos de entrega; pelo cumprimento das normas e regulamentos aplicáveis; pela segurança do manuseio e transporte; e pela valorização da nossa equipe. Nos comprometemos a melhorias contínuas dos nossos processos e do nosso sistema de gestão de qualidade, visando a satisfação de nossos clientes e o crescimento da empresa.

Práticas Sustentáveis

Ser sustentável está em nosso DNA

A Rauter Química preza pelo convívio harmônico entre indústria e meio ambiente, utilizando recursos naturais de forma consciente.



Foi uma opção dos diretores um terreno com declive para que os carregamentos e descarregamentos dos produtos químicos fossem realizados pela ação da gravidade, sem necessidade de bombas elétricas.

Água e energia solar

Sol e chuva tem seus lugares de destaque em nossa produção!

Prezamos pela reciclagem de produtos químicos e recuperação de embalagens sempre que possível. Contamos com empresas parceiras certificadas para estes serviços.



Destinação de resíduos

Temos a consciência de que cada resíduo deve ser destinado ao fim correto!



Gravidade

Tudo começa com a escolha do terreno para a construção da planta química da Rauter na década de 70.

Realizamos há muitos anos a coleta e aproveitamento da água da chuva em nosso processo produtivo e utilização em sanitários. Contamos também com painéis solares, o que nos faz energeticamente eficientes através de energia limpa.

Sumário

1 Da Tabela Periódica à Química Orgânica	4
1.1 Tabela Periódica	4
1.2 Átomo	6
1.3 Química orgânica e química inorgânica	6
1.4 Funções orgânicas	8
1.5 Nomenclatura dos compostos orgânicos	9
<i>EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO</i>	11
2 Solventes Orgânicos	13
2.1 O que são	13
2.2 Origem dos solventes – indústria petroquímica e álcoolquímica	14
2.2.1 Indústria Petroquímica	14
2.2.2 Indústria Alcoolquímica	16
2.3 Propriedades	18
2.3.1 Polaridade	18
2.3.2 Temperatura de ebulição	19
2.3.3 Taxa de evaporação	20
2.3.4 Densidade	20
2.3.5 Índice de Refração	20
2.3.6 Ponto de fulgor (<i>Flash Point</i>)	21
<i>EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO</i>	21
3 Aplicações	22
3.1 Indústria de tintas	22
3.2 Indústria de adesivos	23
3.3 Indústria coureiro-calçadista	25
3.4 Indústria metal-mecânica	25
3.5 Indústria gráfica	26
3.6 Tratamento térmico de metais	26
<i>EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO</i>	27
4 Segurança e Sustentabilidade	28
4.1 Organoclorados	29
4.2 Hidrocarbonetos	29
4.3 Perigos físicos relacionados aos solventes orgânicos	30
4.4 Perigos à saúde relacionados aos solventes orgânicos	30

4.5 Perigos ao meio ambiente relacionados aos solventes orgânicos	31
4.5.1 Contaminação da água	31
4.5.2 Contaminação do solo	31
4.5.3 Contaminação do ar	32
4.6 Cálculos de VOC e MIR	34
<i>EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO</i>	36

1

Da Tabela Periódica à Química Orgânica

1.1 Tabela Periódica

A Tabela Periódica é um dos principais símbolos da química. Traumatizante para uns, fascinante para outros, intrigante para praticamente todos que se depararam com ela nas aulas de química. Como conseguiram estabelecer aquela ordem? Como conseguem diferenciar um elemento do outro? O que significam estes números?

Prof. Dr. Rogério Marcos Dallago - CRQ 05201297
todallago@bol.com.br
Prof. Dr. Irajá do Nascimento Filho - CRQ 05100876
irajanascimento@bol.com.br

1	IA	1	1,00	18	VIIIA	2	4,00
1	H	2		10	Ne	10	20,18
2	Li	3	6,94	9	F	9	18,99
2	Be	4	9,01	8	O	8	16,00
3	Na	11	22,99	7	N	7	14,01
3	Mg	12	24,31	6	C	6	12,01
4	K	19	39,10	5	B	5	10,81
4	Ca	20	40,08	4	Be	4	9,01
4	Sc	21	44,96	3	Li	3	6,94
4	Ti	22	47,88	2	H	1	1,00
4	V	23	50,94	1	He	1	4,00
4	Cr	24	52,00				
4	Mn	25	54,94				
4	Fe	26	55,85				
4	Co	27	58,93				
4	Ni	28	58,69				
4	Cu	29	63,55				
4	Zn	30	65,39				
4	Ga	31	69,72				
4	Ge	32	72,61				
4	As	33	74,92				
4	Se	34	78,96				
4	Br	35	79,90				
4	Kr	36	83,80				
5	Rb	37	85,47				
5	Sr	38	87,62				
5	Y	39	88,91				
5	Zr	40	91,22				
5	Nb	41	92,91				
5	Mo	42	95,94				
5	Tc	43	98,91				
5	Ru	44	101,07				
5	Rh	45	102,91				
5	Pd	46	106,40				
5	Ag	47	107,87				
5	Cd	48	112,40				
5	In	49	114,82				
5	Sn	50	118,71				
5	Sb	51	121,75				
5	Te	52	127,60				
5	I	53	126,90				
5	Xe	54	131,29				
6	Cs	55	132,91				
6	Ba	56	137,33				
6	La	57 a 71	Série dos Lantanídeos				
6	Hf	72	178,49				
6	Ta	73	180,95				
6	W	74	183,85				
6	Re	75	186,21				
6	Os	76	190,20				
6	Ir	77	192,22				
6	Pt	78	195,08				
6	Au	79	196,97				
6	Hg	80	200,59				
6	Tl	81	204,38				
6	Pb	82	207,20				
6	Bi	83	208,98				
6	Po	84	209,98				
6	At	85	208,98				
6	Rn	86	222,02				
7	Fr	87	223,02				
7	Ra	88	226,03				
7	Ac	89 a 103	Série dos Actinídeos				
7	Rf	104	261,10				
7	Db	105	262,11				
7	Sg	106	263,12				
7	Bh	107	264,12				
7	Hs	108	265				
7	Mt	109	268				
7	Ds	110	271				
7	Rg	111	272				
7	Cn	112	277				
7	Uut	113	284				
7	Fl	114	289				
7	Uup	115	288				
7	Lv	116	293				
7	Uus	117	288				
7	Uuo	118	288				
7	La	57	138,91				
7	Ce	58	140,12				
7	Pr	59	140,91				
7	Nd	60	144,24				
7	Pm	61	144,91				
7	Sm	62	150,35				
7	Eu	63	151,96				
7	Gd	64	157,25				
7	Tb	65	158,92				
7	Dy	66	162,50				
7	Ho	67	164,93				
7	Er	68	167,26				
7	Tm	69	168,93				
7	Yb	70	173,04				
7	Lu	71	174,97				
7	Ac	89	227,03				
7	Th	90	232,04				
7	Pa	91	231,04				
7	U	92	238,03				
7	Np	93	237,05				
7	Pu	94	244,06				
7	Am	95	243,06				
7	Cm	96	247,07				
7	Bk	97	247,07				
7	Cf	98	251,08				
7	Es	99	252,08				
7	Fm	100	257,10				
7	Md	101	258,10				
7	No	102	259,10				
7	Lr	103	262,11				

LEGENDA
IV
Atômico
SÍMBOLO

SÉRIE DOS LANTANÍDEOS

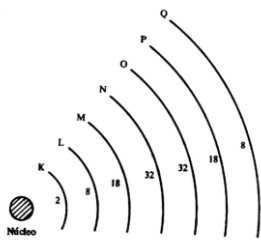
SÉRIE DOS ACTINÍDEOS

* ELEMENTOS AINDA NÃO OFICIALIZADOS PELA IUPAC

EDITORA SÃO CRISTÓVÃO
Fone: (0xx54) 3522-1795

Este suplemento não pode ser vendido separadamente.

Esta é a versão atualizada, mas é resultado de muito tempo de avanço no conhecimento científico. Na verdade, a organização da Tabela Periódica segue uma lógica, relacionada com o número de prótons e nêutrons, número de elétrons no último nível, propriedades físicas e químicas dos elementos.



As linhas da tabela indicam quantos níveis energéticos possui a eletrosfera, à medida que descemos nas linhas, temos os átomos com mais elétrons – que também possuem mais prótons e nêutrons.

Já as colunas estão relacionadas com o número de elétrons na camada de valência. O termo “periódica” é utilizado pois se percebeu uma periodicidade nas propriedades físicas e químicas, e esta periodicidade está relacionada à camada de valência. Assim, a primeira coluna é chamada de coluna dos metais alcalinos. Se usa este termo pois este grupo de elementos apresentava características em comum: formam compostos com oxigênio na proporção de 2:1, são altamente reativos, podendo reagir violentamente com a água, seus compostos apresentam caráter alcalino.

A última coluna é formada por elementos gasosos monoatômicos. Essa característica é muito particular destes gases, pois quando são formados por outros elementos são, pelo menos, diatômicos.

Gases monoatômicos	Gases diatômicos simples	Outros gases
Ne	O ₂	CO ₂
Ar	N ₂	CH ₄
Xe	Cl ₂	NH ₃
Kr	H ₂	CO

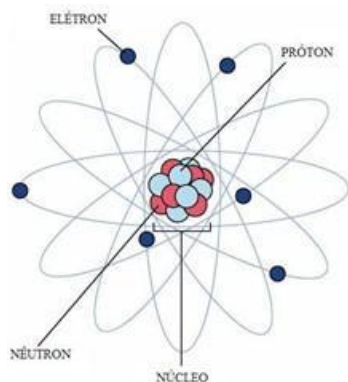
Os gases monoatômicos, por serem não-reativos, são chamados de gases nobres.

Nas colunas 3 a 12, temos os metais de transição, encontrados na natureza na forma de minerais, sendo que sua importância industrial é na forma de sais e ligas metálicas. Exemplos: titânio, cromo, ferro, níquel, cobre, zinco, prata, ouro.

1.2 Átomo

O átomo é uma unidade básica de matéria que consiste num núcleo central de carga elétrica positiva envolto por uma nuvem de elétrons de carga

negativa. O núcleo atômico é composto por prótons e nêutrons. Os elétrons de um átomo estão ligados ao núcleo por força eletromagnética.



Partícula	Carga	Massa
Próton (p)	+1	1
Nêutron (n)	0	1
Elétron (e)	-1	1/1840

Prótons e Nêutrons constituem o núcleo do átomo e os elétrons ficam na eletrosfera.

Qual a importância destas partículas?

- O que diferencia um elemento químico do outro é o número de prótons, que também é chamado de número atômico.
- A massa do átomo é dada pela soma de número de prótons e nêutrons.
- A carga do átomo é dada pela diferença de número de prótons e número de elétrons. No estado fundamental, a carga é zero.

1.3 Química orgânica e química inorgânica

O surgimento da química como ciência evoluiu da atividade dos alquimistas. Estes alquimistas se especializavam em naturalistas, estudiosos da matéria e transformadores da matéria. Entretanto, havia muito de místico na alquimia que não faz parte da ciência química.

Os alquimistas faziam suas pesquisas com compostos químicos de diferentes fontes: animal, vegetal e mineral. No surgimento da ciência química, se utilizou todo conhecimento acumulado pelos alquimistas, seja de extração como de transformação. Os compostos extraídos de organismos vivos unicamente eram considerados especiais, pois só poderiam ser produzidos, até aquele momento, a partir de um organismo vivo. Neste momento, surge a divisão entre química orgânica e química inorgânica (1777).

Em 1807 Jakob Berzelius definiu:

Química Orgânica compreende o estudo dos compostos que são obtidos através de uma força vital.

Exemplos de compostos orgânicos utilizados naquela época:

Orgânicos	Inorgânicos
Etanol	NaCl – cloreto de sódio
Uréia	HNO ₃ – ácido nítrico
Ácido fórmico	CaCO ₃ – carbonato de cálcio
Ácido acético	BaSO ₄ – sulfato de bário

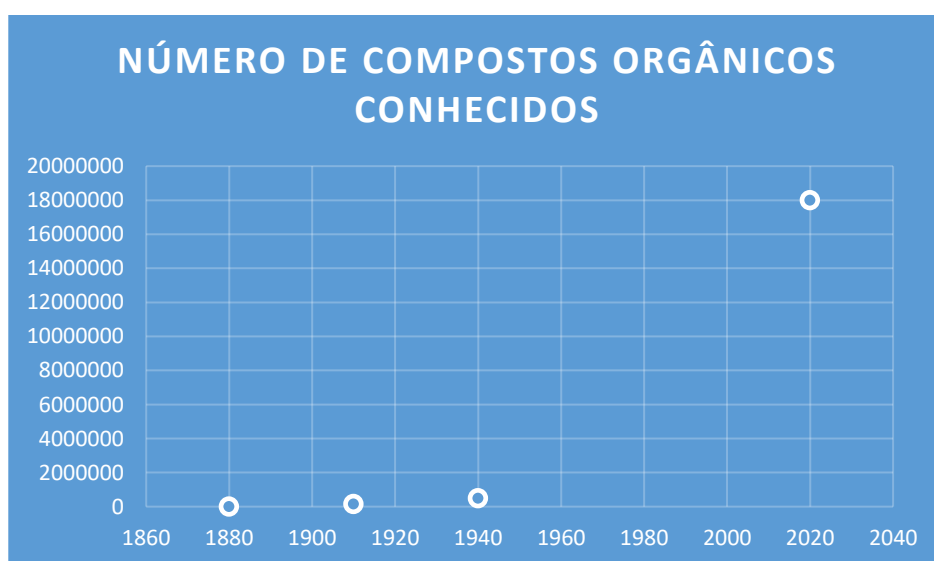
Isso perdurou até 1828, quando o primeiro composto orgânico foi sintetizado em laboratório: a uréia.

Wholer obteve a ureia a partir da reação de dois compostos inorgânicos: cianeto de prata e cloreto de amônio.

Logo em seguida, outro composto orgânico foi sintetizado em laboratório: o ácido acético. A partir daí, incontáveis químicos começaram a desenvolver métodos de obtenção de compostos orgânicos e se iniciaram as pesquisas de síntese orgânica.

Atualmente, a **química orgânica é definida como sendo a química dos compostos de carbono.**

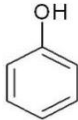
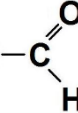
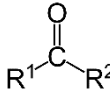
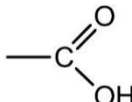
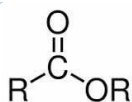
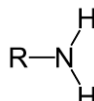
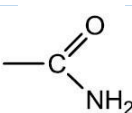
Em 1880, se conhecia cerca de 12 mil compostos orgânicos, em 1910 eram 150 mil compostos, em 1940 eram 500 mil e o número atual é estimado em mais de 18 milhões de compostos.

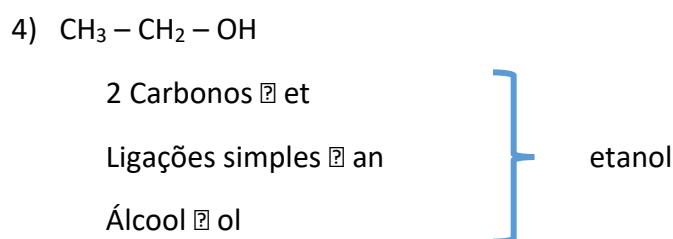
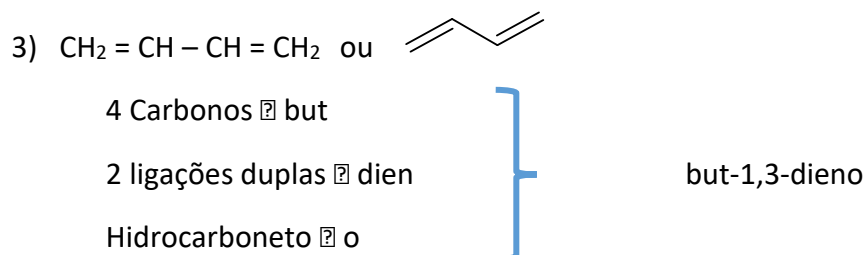
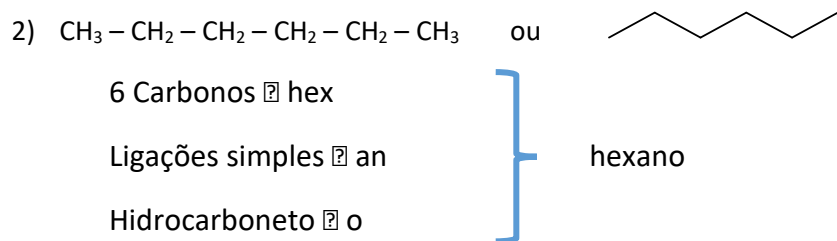


1.4 Funções orgânicas

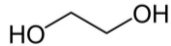
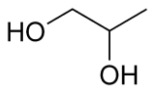
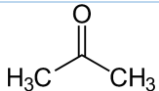
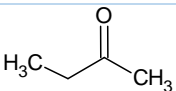
Os compostos orgânicos foram agrupados de acordo com sua constituição química em diferentes funções orgânicas. Cada função orgânica é caracterizada pelo seu grupo funcional, conjunto de átomos e ligações, que determina suas propriedades físicas e químicas.

Na Tabela a seguir são apresentadas as principais funções orgânicas e alguns exemplos.

Função	Grupo funcional	Exemplo
Hidrocarbonetos alifáticos	Apenas C e H em cadeia aberta	Hexano, heptano, octano
Hidrocarboneto aromático	Apenas C e H em cadeia fechada aromática	Tolueno, xileno
Álcool	$R-OH$	Metanol, etanol, propanol
Éter	$R-O-R$	Éter etílico
Haleto orgânico	$R-Cl$	Cloreto de metileno, clorofórmio, tetracloreto de carbono
Fenol		Fenol, hidroquinona
Aldeído		Formol
Cetona		Acetona, MEK
Ácido carboxílico		Ácido acético
Éster		Acetato de etila, acetato de butila, acetato de isoamila
Amina		Trimetilamina, dietilamina
Amida		Acetamida, DMF



Estas regras de nomenclatura são estabelecidas e revisadas pela IUPAC – União Internacional de Química Pura e Aplicada) e são chamadas de nomenclatura oficial. Entretanto, outras nomenclaturas, baseadas em regras antigas ou de base empírica são ainda utilizadas e são classificadas como nomenclatura usual. A seguir alguns exemplos de nomes usuais de compostos orgânicos:

Estrutura Química	Nome oficial	Nome usual
	Etanodiol	Etilenoglicol
	Propan-1,2-diol	Propilenoglicol
	Propanona	Acetona
	Butanona	MEK

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

- 1) Observe na tabela periódica quais elementos apresentam maior massa em cada par apresentado:
 - a. Ferro (Fe) e Carbono (C)
 - b. Carbono (C) e Oxigênio (O)
 - c. Alumínio (Al) e Ferro (Fe)

- 2) Dados os compostos abaixo, indique a qual grupo funcional pertencem
 - a. Metanol
 - b. Toluol
 - c. Etanol
 - d. Acetona
 - e. Xileno
 - f. Ciclohexanona
 - g. Aguarrás
 - h. Isopropanol
 - i. Etilenoglicol
 - j. Diacetona álcool
 - k. MEK

- 3) Escreva o nome oficial dos compostos:
 - a. $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$
 - b. $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_3$
 - c. $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{O}$
 - d. $\text{CH}_3 - (\text{C}=\text{O}) - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$

2 Solventes Orgânicos

2.1 O que são

Solventes são compostos químicos normalmente no estado líquido à temperatura ambiente e pressão atmosférica, que são usados para dissolver, suspender ou extrair outras substâncias sem alterá-las quimicamente.

O composto solubilizado é chamado de soluto, o agente solubilizador é o solvente e a mistura formada é chamada de solução. Essa definição química é usada quando ocorre uma miscibilidade completa entre soluto e solvente. A solução tem como características o contato molecular de soluto e solvente, sem formação de agregados, cápsulas ou micelas, fato que garante translucidez à solução.

Uma mistura de compatibilidade limitada, pode ser uma emulsão ou suspensão, de acordo com o tamanho das partículas dispersas e da estabilidade da mistura. Uma característica destas misturas é a turbidez ou opacidade.



solução

mistura turva e opaca

Solventes são utilizados em diferentes segmentos industriais, nos mercados de tintas, adesivos, metal-mecânica, gráfica, têxtil, de produtos de limpeza, farmacêuticos, entre outros, para processar, manufaturar ou formular produtos.

Apesar de a água ser também um solvente, industrialmente classificamos os produtos solubilizados ou emulsionados em água como **aquosos**, enquanto

que os produtos solubilizados em solventes orgânicos são classificados como **base solvente**.

2.2 Origem dos solventes – indústria petroquímica e alcoolquímica

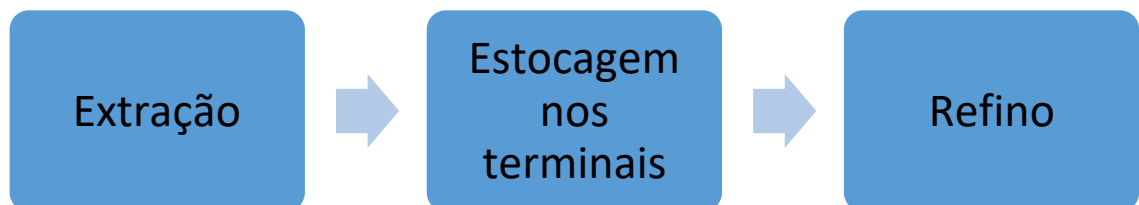
Os solventes podem ser obtidos a partir de diferentes fontes, como madeira, cereais ou petróleo. Entre estas, a rota petroquímica é a mais importante por ser a fonte utilizada para a maioria dos solventes orgânicos industriais.

Para entender melhor as rotas de obtenção, na próxima seção vamos conhecer a indústria petroquímica.

2.2.1 Indústria Petroquímica

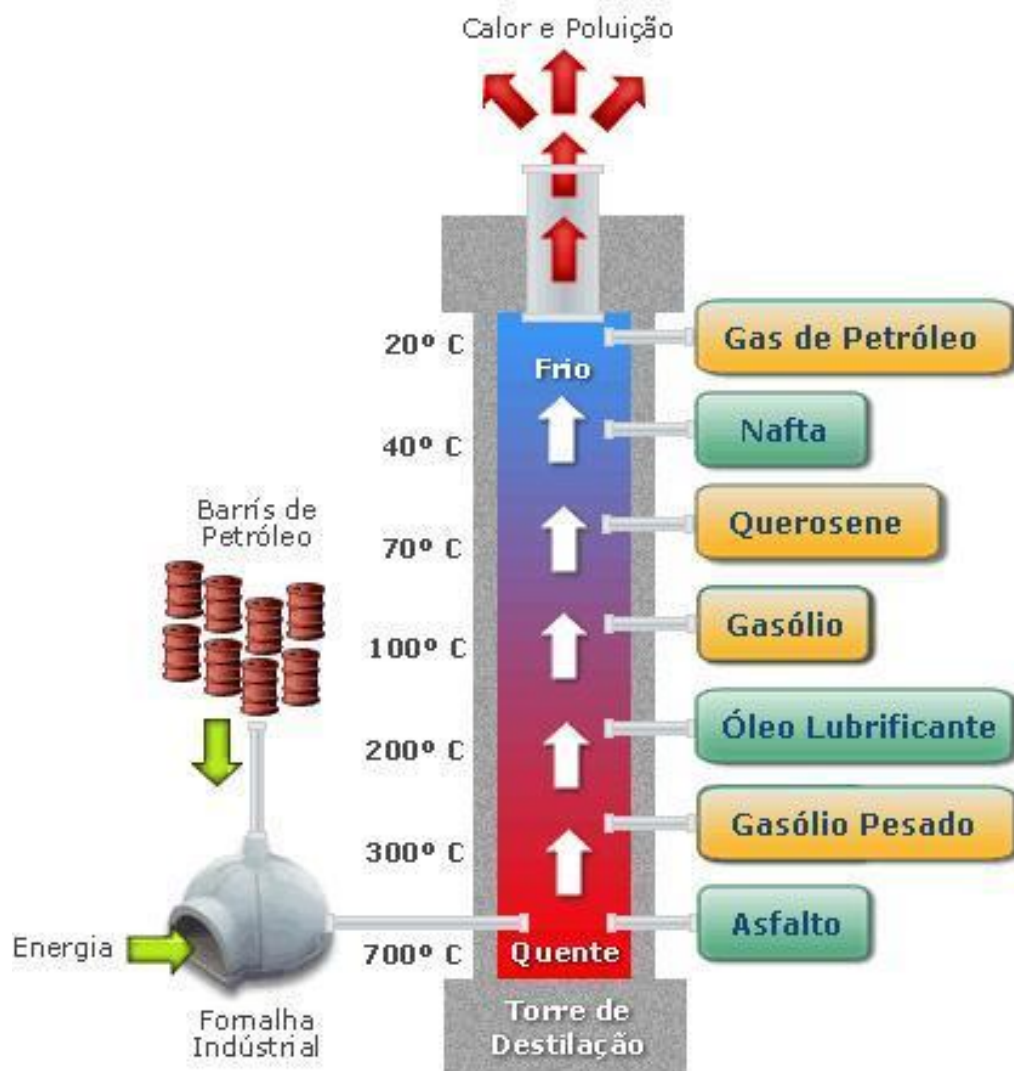
O petróleo é um material oleoso e inflamável, constituído de uma mistura de hidrocarbonetos, composta na sua maioria de hidrocarbonetos alifáticos, alicíclicos e aromáticos, podendo conter também quantidades pequenas de nitrogênio, oxigênio, compostos de enxofre e íons metálicos.

A hipótese mais aceita para a origem do petróleo é que ele foi formado a partir da decomposição de substâncias orgânicas procedentes da superfície terrestre (detritos orgânicos), sob altas pressões e altas temperaturas. Para se ter uma acumulação de petróleo seria necessário que, após o processo de geração e expulsão, ocorresse a migração do óleo e/ou gás através das camadas de rochas adjacentes e porosas, até encontrar uma rocha selante e uma estrutura geológica que detenha seu caminho, sobre a qual ocorrerá a acumulação do óleo e/ou gás em uma rocha porosa chamada rocha reservatório. Os poços de petróleo podem ser marítimos ou terrestres.



No Brasil, a extração do petróleo é realizada pela Petrobrás, em plataformas marítimas, localizadas na costa do estado de Santa Catarina até o Rio Grande do Norte, ou em plataformas terrestres localizadas na Bahia e no Amazonas. O petróleo é transportado até os terminais de armazenamento através de oleodutos ou navios cargueiros, onde fica até ser transferido para as refinarias, onde é separado por destilação fracionada.

O refino do petróleo separa os componentes de acordo com o tamanho da cadeia carbônica (a temperatura de ebulição aumenta com o aumento da cadeia), gerando GLP, nafta, gasolina, diesel, querosene de aviação e óleo combustível.



Um dos componentes, a nafta, ainda sofre um processo de craqueamento para a obtenção de compostos de cadeia menor, fundamentais para a produção de polímeros e intermediários químicos.

Entre os solventes derivados do petróleo, podemos citar:

- Metanol: obtido do metano presente na fração GLP
- Propanol, isopropanol, etilenoglicol, butanol: obtidos por hidratação de alcenos
- Acetona: obtido a partir do cumeno
- Tolueno e xileno: podem estar presentes no petróleo rico em aromáticos ou ainda a partir do metilciclohexano
- MEK: obtido a partir do buteno
- MIBK: obtido a partir da acetona

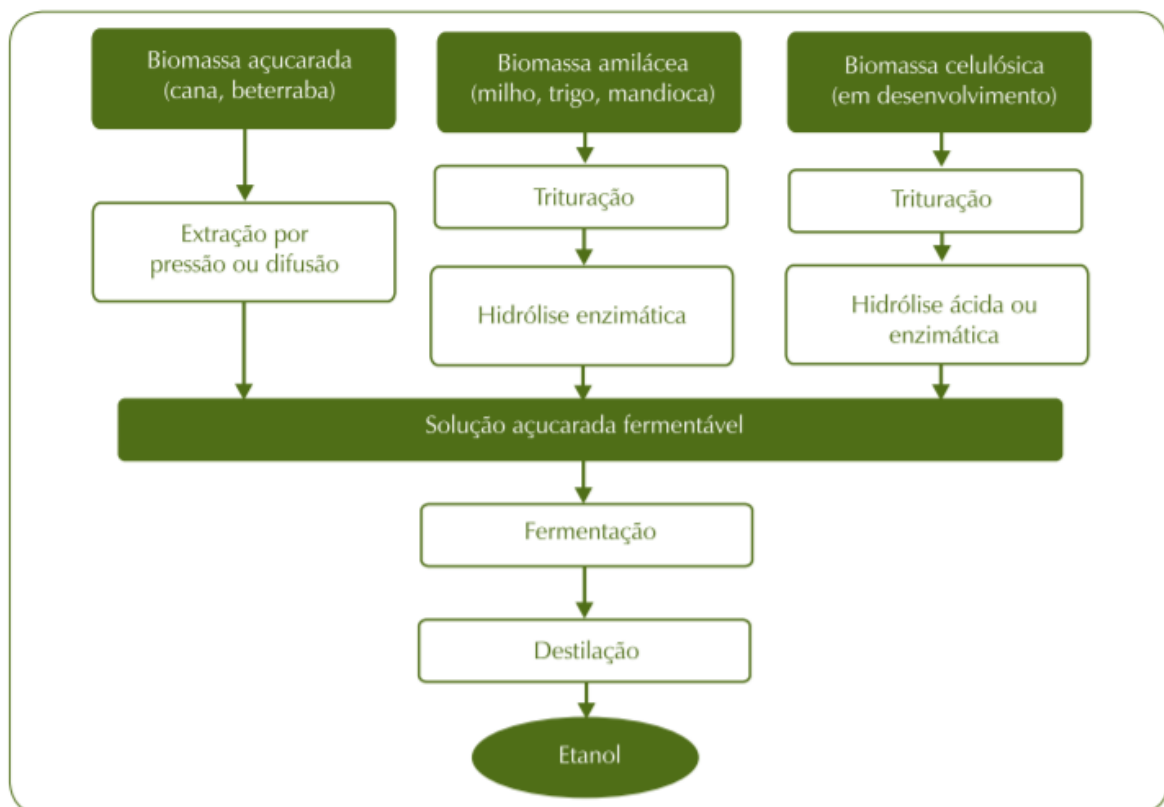
- Diacetona álcool: obtido a partir da acetona
- Hexano / fração C6: por destilação do petróleo
- Acetatos: obtidos a partir do ácido acético, que por sua vez, é obtido a partir do metano.

2.2.2 Indústria Alcoolquímica

A indústria alcoolquímica compreende os processos de obtenção de etanol por técnicas fermentativas e de obtenção de seus derivados. O Brasil é o segundo maior produtor mundial de etanol.

A fermentação é um processo realizado por microrganismos anaeróbicos, em que se utiliza o processo fermentativo como mecanismo de geração de energia, liberando etanol e dióxido de carbono. A fonte de carbono utilizada pelo microrganismo açúcares ou cereais, como beterraba, milho, batata doce e cana-de-açúcar, sendo esta última a fonte utilizada no Brasil.

O processo de obtenção do etanol pode ser visualizado na figura a seguir.

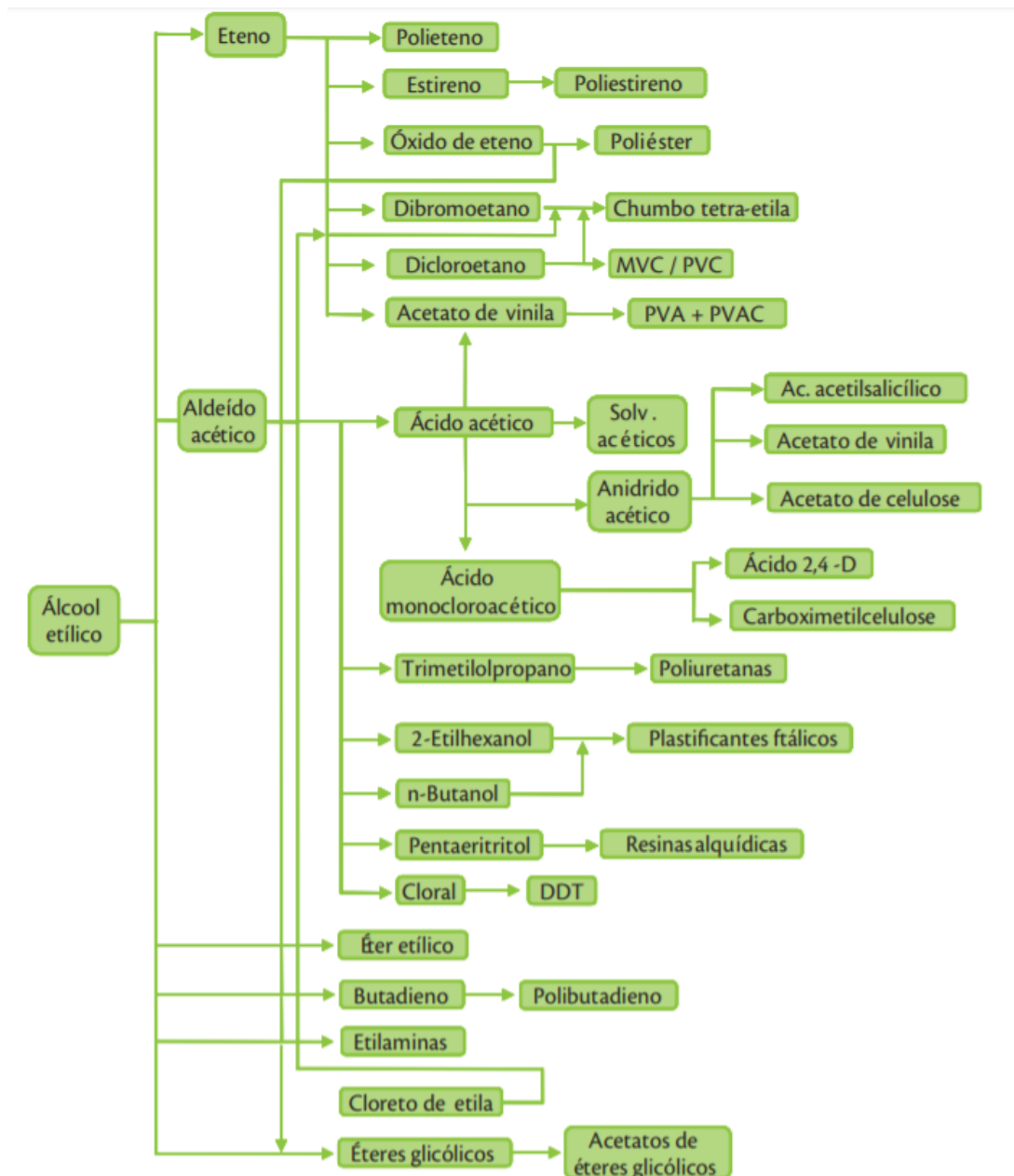


Fonte: Elaboração de Luiz Augusto Horta Nogueira.

O etanol obtido neste processo é o etanol hidratado, pois o álcool forma uma mistura azeotrópica com água na concentração de 95,5% de álcool. Para

obtenção do etanol anidro, utiliza-se materiais adsorventes para retirada da água associada.

A partir do etanol, é possível a obtenção de vários produtos químicos, como cloreto de etila, ácido acético, acetato de celulose, acetato de etila, acetona e éter etílico. Na figura abaixo são apresentados os produtos que podem ser obtidos a partir do etanol.



Apesar dos diversos produtos que podem ser obtidos a partir do etanol, a obtenção a partir do petróleo ainda apresenta menor custo, o que inviabiliza a utilização da rota alcoolquímica para estes insumos. Atualmente, se utiliza

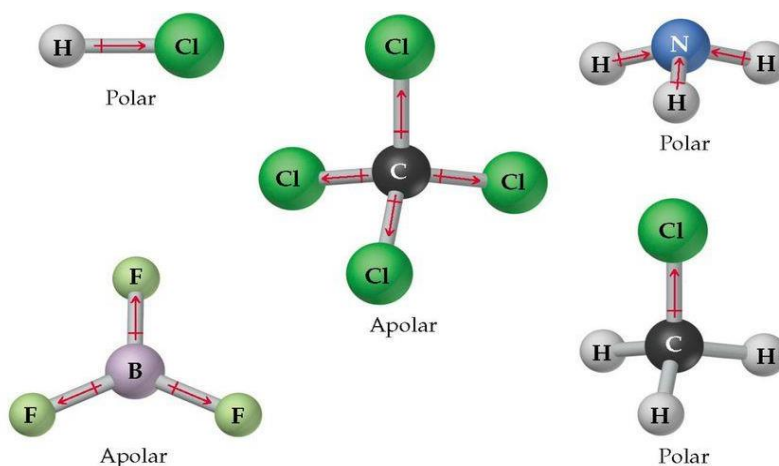
etanol para obtenção de acetato de etila e etileno, sendo este último utilizado para fabricação de *polietileno verde* pela empresa Braskem.

2.3 Propriedades

2.3.1 Polaridade

Na ligação entre dois átomos de uma molécula, ocorre um compartilhamento de elétrons (carga negativa). Caso os átomos sejam iguais e a molécula seja simétrica, ocorre uma distribuição homogênea de cargas e a molécula é apolar.

Quando dois átomos diferentes estão compartilhando elétrons em uma ligação, e um destes átomos é mais eletronegativo do que o outro, ele irá atrair os elétrons com maior intensidade, gerando uma região negativa e uma região positiva (polos). A formação de polos associada à geometria da molécula determina sua polaridade. A Figura abaixo mostra a geometria algumas moléculas



Entre os solventes orgânicos, todos os hidrocarbonetos são apolares – hexano, C₆, C₆C₈, tolueno, xileno, aguarrás.

Os solventes oxigenados, como álcoois, cetonas, éteres e ésteres são solventes polares. Algumas características podem aumentar ou diminuir a polaridade do composto, como o tamanho da cadeia (compostos de cadeia menor são mais polares) e número de grupos funcionais (quanto maior a funcionalidade, mais polar).

A polaridade de um solvente é o critério mais importante na escolha de um solvente, pois a compatibilidade entre soluto e solvente é determinada pela polaridade de ambos compostos.

Semelhante dissolve semelhante.

Assim, moléculas do soluto polares serão dissolvidas por solventes polares, enquanto que solutos apolares serão dissolvidos por solventes apolares.

Conhecemos a polaridade de um solvente através da análise da sua estrutura química, de acordo com a natureza dos átomos (formação de polos positivo e negativo) e a geometria molecular. Entretanto, pequenas diferenças na estrutura podem dificultar a comparação entre dois solventes quaisquer, de forma que métodos analíticos podem ser utilizados com o objetivo de classificar em diferentes graus de polaridade.

Um dos testes utilizados é o coeficiente de partição octanol/água. Quanto maior a afinidade do solvente com octanol, mais apolar e quanto maior a afinidade com água, mais polar é o solvente.

2.3.2 Temperatura de ebulição

Ebulição é o fenômeno de passagem do estado líquido para o estado gasoso. Os solventes que são substâncias puras têm um ponto de ebulição definido enquanto que as misturas têm uma faixa de ponto de ebulição. Durante este processo de passagem do estado líquido para gasoso, as ligações intermoleculares (forças atrativas entre moléculas) são rompidas, de forma que, quanto mais fortes e

Entre os fatores que afetam a temperatura de ebulição temos a polaridade, o tamanho da cadeia e as ramificações. Compostos polares apresentam forças atrativas entre as moléculas mais fortes, necessitando maior energia para seu rompimento, o que resulta em maior ponto de ebulição.

Em relação ao tamanho da cadeia, à medida que aumenta o número de carbonos na cadeia orgânica, aumenta a quantidade de ligações intermoleculares, que também implica em maior temperatura para a mudança para o estado gasoso. Por outro lado, ramificações diminuem a área de contato, diminuindo o ponto de ebulição devido à redução na quantidade de ligações intermoleculares atuando.

2.3.3 Taxa de evaporação

A taxa de evaporação de um solvente consiste na velocidade de evaporação ou secagem do mesmo. É uma medida da sua volatilidade. Normalmente, solventes de menor ponto de ebulição, são mais voláteis, apresentando, portanto, maior taxa de evaporação.

Uma forma de medição pode ser feita determinando-se a massa de solvente que evapora por metro de superfície exposta em uma hora. É comum, entretanto, a expressão da taxa de evaporação relativa, medindo a velocidade de evaporação do solvente e dividindo pela velocidade de evaporação do acetato de butila.

O uso da taxa de evaporação relativa deve ser feito medindo a velocidade do solvente e do acetato de butila ao mesmo tempo, para reduzir a influência da umidade relativa do ar, da temperatura, fluxo de ar no ambiente, etc.

A taxa de evaporação do solvente utilizado deve ser conhecida e determina se o solvente é adequado ou não para a aplicação que se deseja fazer.

Para determinar a taxa de evaporação, o método mais utilizado consiste em derramar 0,5 mL do solvente a ser analisado e do acetato de butila no centro de dois discos de papel de filtro horizontalmente. Os dois discos são colocados verticalmente e se mede o tempo necessário para a secagem do papel. Divide-se o tempo de secagem do solvente em análise pelo tempo de secagem do acetato de butila.

2.3.4 Densidade

A densidade de um composto é definida como a relação entre a massa e o volume de um material. É expressa em g/mL, sempre indicando a temperatura do teste, visto que a temperatura interfere no volume do líquido.

A maioria dos solventes orgânicos apresenta densidade inferior à densidade da água, que é 1,0 g/mL. A exceção são os solventes halogenados, que apresentam densidade entre 1,30 e 1,40 g/mL.

O teste é realizado utilizando um picnômetro – um recipiente de volume conhecido. Enche-se o picnômetro com o solvente e ser testado e se pesa o conjunto. Descontando a massa do recipiente vazio, temos a massa de solvente para o volume nominal do picnômetro.

2.3.5 Índice de Refração

Quando um feixe de luz atravessa um meio (líquido ou sólido) ele sofre um desvio devido à velocidade de deslocamento do feixe ser diferente no ar e neste meio. Esse desvio que a luz sofre é chamado de refração.

Uma propriedade muito importante do solvente é chamada de índice de refração, que consiste na razão entre a velocidade da luz no primeiro meio e a velocidade no segundo meio. O índice de refração é usado em controle de qualidade de solventes pois cada solvente tem um índice específico, sendo uma forma fácil de identificar trocas de solvente ou a presença de impurezas.

O teste é realizado utilizando um equipamento chamado de refratômetro.

2.3.6 Ponto de fulgor (*Flash Point*)

É a menor temperatura na qual uma substância libera vapores em quantidades suficientes para que a mistura de vapor e ar logo acima de sua superfície propague uma chama, a partir do contato com uma fonte de ignição.

O ponto de fulgor é o principal parâmetro utilizado para classificar um solvente como inflamável ou não. Segundo a NR-20, um líquido é considerado inflamável quando seu ponto de fulgor for inferior a 70°C e pressão de vapor absoluta de, no máximo, 2,8 kgf/cm², a 37,7°C. Se o ponto de fulgor estiver entre 70 e 93,3°C, o líquido é classificado como combustível.

O teste é realizado em um equipamento específico, em que se aquece o solvente em um recipiente com o termômetro. A cada incremento de temperatura, se coloca uma chama a uma altura de aproximadamente 1 cm para verificar se o vapor formado entra em combustão. O ponto de fulgor é a temperatura em que o vapor formado pega fogo.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

1) No teste de taxa de evaporação, obteve-se os seguintes tempos de secagem:

Solvente 1 – 1:15

Solvente 2 – 2:05

Acetato de butila – 1:50

Calcule a taxa de evaporação dos solventes 1 e 2. Qual é o mais volátil?

2) No teste de densidade de um determinado solvente, usamos um picnômetro de 50 mL e tivemos os seguintes dados:

M picnômetro vazio = 75,03 g

M picnômetro com solvente = 118,33 g

Calcule a densidade do solvente

Determine a massa de uma lata de 900 mL

Determine a massa de um tambor de 198 L

3) Pesquise a polaridade dos seguintes solventes e marque como polar (P) e apolar (A)

- a. Metanol
- b. Acetona
- c. Aguarrás
- d. Acetato de etila
- e. C6
- f. Tolueno

3 Aplicações

A escolha do solvente ou misturas de solventes se baseia nas propriedades físicas e químicas do mesmo, que irá refletir nas propriedades desejáveis, como desempenho e aplicação.

3.1 Indústria de tintas

Apesar do crescente interesse por sistemas livres de solventes orgânicos voláteis, como tinta base água, de cura UV e tinta em pó, a tinta base solvente ainda é a tecnologia mais utilizada por apresentar a melhor relação custo-benefício.

Uma tinta base solvente é constituída de resina, pigmentos, cargas, aditivos e solvente.

- Resina: é o principal constituinte, principal responsável pelas características de adesão e desempenho. É um material polimérico que constituirá o filme da pintura. Exemplos: alquídica, poliuretânica, poliéster, acrílica, epóxi, nitrocelulose, melamínica.
- Pigmentos: conferem cor e opacidade à película. São insolúveis no meio, o que exige cuidados na sua incorporação para que não aconteça precipitação ou separação de fases. Os cuidados envolvem o processo (grau de dispersão) e a formulação (uso de agentes dispersantes).
- Cargas: aumentam a viscosidade, podem conferir tixotropia e, muitas vezes, reduzem custo. Assim como os pigmentos, são insolúveis precisando de agente dispersante e grau de dispersão mínimo para não sedimentar.
- Aditivos: são usados para ajuste de algumas características da tinta, como secagem (no caso de alquídica), proteção contra oxidação, espalhamento, etc.
- Solvente: reduz a viscosidade facilitando o processamento e a aplicação da tinta. Além disso, interfere nas características de formação do filme.

A escolha do solvente é feita principalmente considerando a capacidade do solvente em dissolver a resina (1º) e a sua taxa de evaporação (2º). A composição dos solventes na tinta controla as características de solvência, que irá afetar as propriedades da tinta, como aplicabilidade, estabilidade e defeitos no filme.

No processo de fabricação de uma tinta, os solventes com maior poder de solvência reduzem a viscosidade de forma mais intensa, devendo ser adicionados em quantidades de acordo com a etapa do processo. Na etapa de dispersão, por exemplo, uma viscosidade muito baixa dificulta o cisalhamento das cargas e pigmentos, impedindo a quebra dos aglomerados para completa dispersão. Já nas etapas de incorporação de aditivos, uma viscosidade muito alta prejudica a homogeneização dos componentes. Da mesma forma, uma viscosidade elevada no envase pode deixar o processo demasiado lento, acarretando em redução da produtividade.

No processo de aplicação, o solvente tem papel decisivo no desempenho da tinta. A seguir os principais defeitos de aplicação que estão relacionados à escolha do solvente.

Defeito	Causa	Como resolver
Fervura – muitos pontinhos na superfície	Evaporação muito rápida do solvente. Ocorre em locais ou dias muito quentes	Escolher um diluente de evaporação mais lenta
Escorrimento em superfícies verticais ou inclinadas; em superfícies horizontais pode ter algum acúmulo	Evaporação muito lenta do solvente	Escolher um diluente que possua pelo menos um solvente de evaporação rápida
Casca de laranja	Evaporação muito rápida do solvente.	Escolher um diluente de evaporação mais lenta
	Viscosidade alta	Escolher um diluente com maior poder de solvência ou aumentar a quantidade de solvente
Névoa	Solvente mais pesado de baixo poder de solvência	Escolher um diluente que tenha apenas solventes de alto poder de solvência

Obs. Existem outras causas para estes problemas, neste quadro estão apresentadas as causas relacionadas à escolha do solvente/diluente

3.2 Indústria de adesivos

Com o aumento das regulamentações de saúde, segurança e meio ambiente, o consumo de solventes na indústria de adesivos vem diminuindo nos

últimos anos, com incremento das tecnologias de adesivos base água e hot melt. Ainda assim, os adesivos base solvente representam uma parcela significativa deste mercado.

Um adesivo base solvente é constituído por:

- Polímero base: confere as principais características de adesão e desempenho do adesivo. Os mais utilizados são: policloropreno, poliuretano, borracha SBR, borracha SIS e borracha natural.
- Resina taquificante: confere adesividade ao polímero base. Pode ser fenólica, hidrocarbônica, terpênica, breu e ésteres de breu.
- Aditivos: os aditivos usados são principalmente antioxidantes ou antidegradantes.
- Solvente: controla a viscosidade e a secagem do adesivo, podendo interferir na aplicabilidade, rendimento e desempenho da colagem.

A escolha do solvente se baseia na compatibilidade do solvente com o polímero base e na sua taxa de evaporação. Adesivos de base poliuretânica têm sua relação de viscosidade e solvência semelhante às tintas: quanto maior o poder de solvência, menor a viscosidade. Entretanto, nos demais casos temos um comportamento inverso: um solvente com maior poder de solvência deixa o adesivo mais viscoso e com menor probabilidade de separação de fases.

No momento da utilização do adesivo, a viscosidade apresenta um importante papel. Para substratos mais porosos, deve-se escolher adesivos mais viscosos, enquanto que substratos menos porosos exigem adesivos menos viscosos.

Em relação à taxa de evaporação, ela deve ser ajustada de acordo com o processo de utilização do adesivo. Se o adesivo apresenta uma taxa de evaporação muito rápida, acabará tendo um tempo de secagem muito curto, não tendo tempo suficiente para a penetração do adesivo no substrato, por outro lado, uma secagem muito lenta pode acarretar em uma resistência de colagem inicial muito baixa. Enfim, deve-se avaliar o que é fundamental para o processo.

Na tabela a seguir, são apresentados os principais defeitos de adesivos e processos de colagem relacionados à escolha do solvente:

Defeito	Causa	Como resolver
Separação de fases do adesivo	Incompatibilidade polímero-solvente	Escolher um solvente que tenha um maior poder de solvência para o polímero
Falha adesiva	Falta de penetração do adesivo no substrato	Baixar a viscosidade e/ou escolher um sistema de secagem mais lenta
Falha coesiva	Falta de adesivo na superfície	Aumentar a viscosidade e/ou escolher um sistema de secagem mais rápida
	Processo de coesão lento	Escolher um sistema de secagem mais rápida
Espalhamento travado	Secagem muito rápida	Escolher um sistema de secagem mais lenta
	Viscosidade muito alta	Aumentar a quantidade de solvente ou trocar por outro solvente que confira menor viscosidade

3.3 Indústria coureiro-calçadista

Na indústria coureiro-calçadista, o uso de solventes se dá nos processos de limpeza, preparação e diluição. É um mercado que consome pouco solvente, mas devido à importância regional desta indústria, acaba sendo um mercado interessante.

O segmento coureiro consome algumas tintas e produtos base solvente, sendo necessário a utilização de solvente para limpeza em geral e para diluições dos produtos base solvente, sempre selecionando o solvente de acordo com a polaridade da resina da tinta. As tintas usadas em acabamento normalmente são acrílicas e poliuretânicas aquosas e as base solventes são fabricadas com nitrocelulose, que exige solventes polares para diluição e limpeza.

O segmento calçadista apresenta utilização mais diversificadas, sendo as mais importantes:

- Asperação química: uso de solvente para atacar o substrato e facilitar a colagem. Utiliza-se em borracha, laminado sintético e fivelas e enfeites metálicos.
- Limpeza de pincéis e materiais: para manter os pincéis em boas condições de uso, deve ser limpo a cada pausa da atividade, para que o adesivo não seque e grude as cerdas.
- Limpa-telas: as telas de serigrafia sujas com tinta precisam ser limpas após a utilização. A limpeza da tela é uma etapa crítica, pois resíduos de tintas podem acarretar em falha na próxima

aplicação, e uma limpeza muito agressiva pode acabar removendo a gravação realizada.

- Diluições: a diluição de tintas é uma operação comum, enquanto que os adesivos são fornecidos prontos para uso. Entretanto, durante a utilização, o abre e fecha da embalagem acaba facilitando a evaporação do solvente e o aumento da viscosidade do produto. É comum a utilização de solvente para diluir e voltar à viscosidade adequada para o uso. É importante que o solvente escolhido seja o mesmo solvente da formulação do produto.
- Limpezas em geral: a limpeza dos produtos acabados e retoques podem ser realizados com solvente orgânico, cuidando para que o solvente não ataque agressivamente as superfícies, tirando o seu brilho. Superfícies de trabalho e ferramentas também podem ser limpos com solventes.

3.4 Indústria metal-mecânica

A indústria metal mecânica utiliza solvente principalmente em operações de limpeza e desengraxe. A proteção das peças metálicas contra a corrosão é realizada através da aplicação de óleos ou graxas, que precisam ser removidas para reparo ou utilização. A característica apolar destes óleos e graxas repele a água e faz com que sejam altamente solúveis em solventes apolares, como hexano, C6 e aguarrás.

Indústrias de máquinas, de implementos agrícolas e de carrocerias apresentam processos de pintura, sendo que as tintas base solvente são, ainda, as mais utilizadas.

A tinta tem a função principal de proteger o material contra a corrosão, através da formação de uma barreira física, aderente e flexível, que impede o contato do ar e umidade com o metal. As pinturas são realizadas, em sua maioria, através de aplicação por *spray*, eletrostática ou não.

3.5 Indústria gráfica

O solvente é o principal componente em volume das tintas usadas em litografia, offset, flexografia e serigrafia. Novamente, o poder de solvência e a volatilidade são as propriedades principais que devem ser levadas em consideração na escolha do solvente.

A evaporação do solvente é o principal mecanismo de formação de filme, ainda que ocorra um pouco de absorção do mesmo nos poros dos papéis e filmes. Uma característica dos sistemas de impressão base solvente é a alta

taxa de evaporação dos sistemas usados, que impede o escorrimento e a formação de defeitos no produto final.

Nos processos automatizados de flexografia, litografia e offset, as resinas normalmente usadas são de base nitrocelulose, poliamida e poliuretânica, o que exigem solventes polares como álcoois (etílico, isopropílico, isobutílico e n-butílico), ésteres (acetato de etila, acetato de isopropila), etilenoglicol, propilenoglicol e diacetona álcool. Entretanto, deve-se escolher um sistema de solventes que tenham estejam no limite do poder de solvência, com afinidade limitada com a resina, para que seja expulso rapidamente após a aplicação. Se o solvente for altamente compatível com a resina, a tendência é que parte do solvente fique retido na película, prejudicando a secagem.

Em contraponto, na serigrafia não é necessária uma secagem tão rápida como nos outros processos, sendo comum a utilização de solventes de secagem mais lenta, como isoforona, ciclohexanona, tolueno, xileno, MIBK, C9 aromático.

Solventes também são utilizados nos processos de limpeza de superfícies e de equipamentos. Os equipamentos exigem mais cuidados na sua manutenção, pois a secagem da tinta nos sistemas de impressão pode danificar o equipamento ou causar falhas no produto final. Deve-se escolher, para o equipamento, os mesmos solventes utilizados na formulação da tinta, a fim de evitar incompatibilidades. Para limpezas de superfície, o uso de solvente de baixo custo e rápida evaporação são preferenciais.

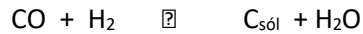
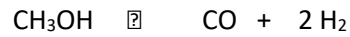
3.6 Tratamento térmico de metais

Tratamento térmico de metais é o processo de alterações da temperatura com tempos e atmosfera controlados, utilizado para modificar as propriedades físicas do aço, e que tem por objetivo a obtenção de características diferenciadas como melhorar a usinabilidade, ductilidade, aumentar a resistência mecânica, a dureza, a resistência ao desgaste, etc.

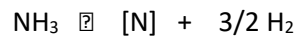
Um dos tratamentos utilizados é a cementação, que consiste na introdução de carbono na superfície do aço, através de uma reação química, em temperaturas elevadas. Com a cementação, a superfície do aço apresenta uma dureza superior ao seu núcleo, devido às diferentes composições núcleo x superfície ao final do processo.

A cementação pode ser sólida, líquida ou gasosa. A cementação sólida é realizada com carvão vegetal, a cementação líquida é realizada com sais fundidos de composição definida, e a cementação gasosa é realizada por uma mistura de gases carburizantes.

A mistura de gases carburizantes deve conter monóxido de carbono, hidrogênio e nitrogênio, que podem ser adicionados na forma gasosa ou formada no próprio forno. Um dos componentes usados neste processo é o metanol, que se decompõe a 760°C formando monóxido de carbono e hidrogênio, que reagem com a superfície do metal, removendo os óxidos e depositando carbono.



Para aumentar mais ainda a dureza e a resistência ao desgaste, pode-se introduzir carbono e nitrogênio ao mesmo tempo, em um processo chamado de carbonitretação. Neste processo, além de metanol, hidrogênio e nitrogênio, se introduz amônia no forno.



EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

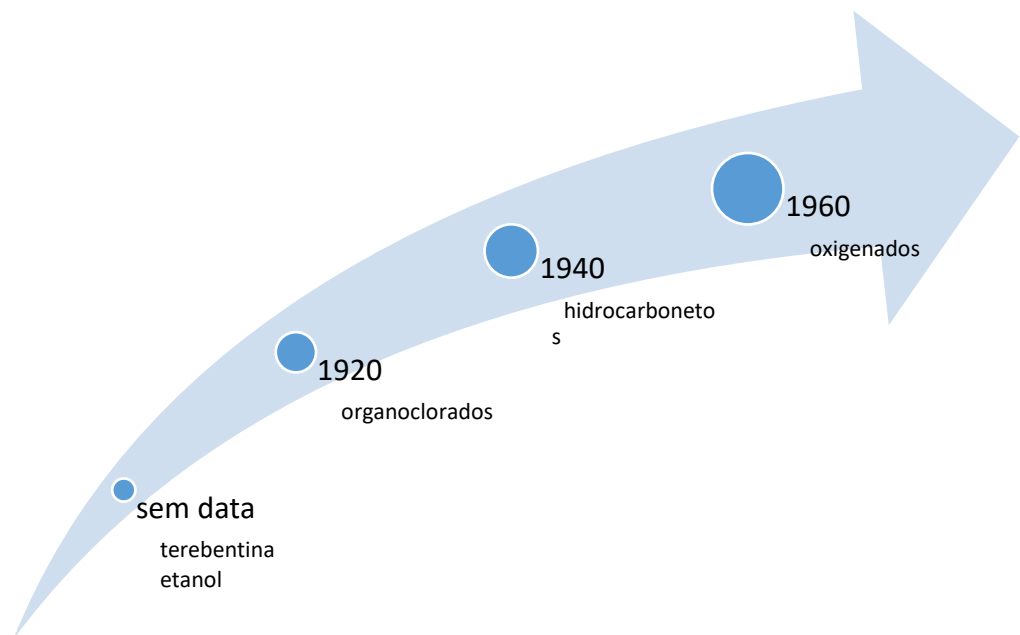
- 1) Qual a função do metanol no processo de cementação?
- 2) Considerando que os adesivos poliuretânicos são adesivos polares, que tipo de solvente deve ser utilizado para a limpeza de resíduos de cola a base de poliuretano (cola PVC)? Apresente exemplos.
- 3) Uma empresa precisa efetuar a limpeza de resíduos de resina poliéster usada em processo de plástico reforçado com fibra de vidro. Sabendo que esta resina é fornecida solubilizada em estireno, um hidrocarboneto aromático, indique o melhor solvente para esta etapa.
- 4) Quais critérios são importantes na escolha de um solvente para fabricar uma tinta de impressão?
- 5) Quais critérios são importantes na escolha de um solvente para limpeza das superfícies em uma gráfica?

4

Segurança e Sustentabilidade

Na história da humanidade, os primeiros solventes utilizados foram a terebintina e o etanol. Gregos e romanos usavam etanol para dissolver óleos e resinas. Assírios usavam estes solventes com fins medicinais e os egípcios os usavam com finalidade cosmética.

Em 1920, surgiram os primeiros solventes sintéticos, os organoclorados. Na década de 40 surgiram os solventes de frações do petróleo (hidrocarbonetos) e na década de 60 os oxigenados.



4.1 Organoclorados

Os primeiros organoclorados utilizados foram tricloroetileno, tetracloreto de carbono, 1,1,1-tricloroetano, diclorometano e percloroetileno. Apresentavam alto poder de solvência e eram considerados de alto desempenho e seguros, pois não eram inflamáveis.

O desenvolvimento da tecnologia de organoclorados, avançou para aplicações como agrotóxicos, armas químicas e gás de refrigeração. Sua utilização foi disseminada nestas aplicações, até que em 1962, Rachel Carson, através do seu livro *Primavera Silenciosa*, relacionou diversos problemas ambientais ao uso de organoclorados. Entre os problemas relatados, a redução da população de algumas espécies de aves foi associada ao uso de DDT (diclorodifeniltricloroetano). Carson disse que tinha sido descoberto que o DDT causava a diminuição da espessura das cascas de ovos, resultando em problemas reprodutivos e em morte. Em 1970, se estabeleceu a relação entre a destruição da camada de ozônio e o uso de organoclorados, especialmente os CFC's.

Os solventes clorados não eram alvos de detecção e medição, até a década de 80, quando se começou a investigar a contaminação do subsolo pelos mesmos.

Com os organoclorados, surgiu o movimento ambiental, testando e avaliando o impacto de vários produtos químicos ao meio ambiente. Da mesma forma, o desenvolvimento da indústria de produtos químicos trouxe questionamentos sobre a saúde dos trabalhadores que manuseavam e inalavam estes produtos.

4.2 Hidrocarbonetos

Os primeiros solventes a base de hidrocarbonetos que foram usados pela humanidade foram os de fonte natural, como a terebintina (obtida por destilação das coníferas) e outros terpenóides.

Em 1850, já se tinha uma produção pequena de benzeno a partir da indústria do carvão, mas foi apenas em 1940 que começou a ser produzido a partir do petróleo. Inicialmente sua principal aplicação era como combustível (gasolina), mas logo depois começou a ser utilizado como intermediário químico até que seu uso como solvente apolar cresceu significativamente.

Em 1989, seu uso foi restrito a aplicações industriais, e atualmente sua principal aplicação é como matéria-prima na produção de etilbenzeno, cumeno e ciclohexano.

Na década de 90, diversos estudos sobre os outros solventes aromáticos – tolueno e xileno, têm sido realizados, com consequente restrição ao uso dos mesmos.

4.3 Perigos físicos relacionados aos solventes orgânicos

O principal risco físico associado ao uso de solventes orgânicos é a sua inflamabilidade. De acordo com a classificação GHS, um material é considerado inflamável se apresentar ponto de fulgor inferior a 60°C. Na NR-20, esta classificação se aplica a solventes com ponto de fulgor inferior a 70°C. Líquidos com ponto de fulgor entre 60 (GHS)/70 (NR-20) e 93°C são classificados como combustíveis.

Outra preocupação necessária ao manipular solventes orgânicos é a evaporação, já que apresentam alta volatilidade. Devem ser armazenados em recipientes fechados, em locais ventilados, para não ocorrer acúmulo de vapor, caso tenha problema de vedação de algum recipiente.

Solventes muito voláteis, como éter etílico e éter de petróleo devem ter uma válvula de segurança para o caso de aumento de pressão no recipiente.

O vapor de solvente pode entrar em combustão facilmente. Se tiver formado uma atmosfera de vapor, este pode penetrar nas roupas da pessoa que estiver manuseando, que pode entrar em combustão também. Esta combustão pode ser iniciada, por fonte de fogo, faísca e até eletricidade estática.

4.4 Perigos à saúde relacionados aos solventes orgânicos

Os problemas causados por solventes orgânicos são, na maioria das vezes, de natureza crônica, isto é, devido à exposição contínua em um intervalo de tempo. Este é o tipo de exposição que ocorre com os trabalhadores que manipulam o material nas suas atividades laborais.

Do ponto de vista fisiológico, um material é considerado absorvido quando ele penetra na corrente sanguínea e circula nos órgãos do corpo. Se algum material é ingerido e excretado algumas horas ou dias depois, não foi necessariamente absorvido. Existem duas formas de absorção de solventes orgânicos que são mais comuns:

- Absorção pela pele: os compostos podem entrar na corrente sanguínea por contato acidental ou através de respingos e limpeza da pele diretamente com solvente, uma prática comum em ambientes industriais.
- Absorção por inalação: os vapores do solvente se misturam ao ar respirável e são inalados pela pessoa. Parte do vapor segue o trato respiratório e parte fica retida no muco da traqueia e é

engolido. Pelas duas rotas, atuam mecanismos de absorção, nos pulmões quando respirado e no intestino quando engolido.

Os efeitos mais comuns à saúde se relacionam à perda de funções fisiológicas, como danos renais e ao fígado, tóxicos para a reprodução e efeitos neurotóxicos.

Entre os efeitos mais graves devido à exposição a solventes, podemos citar:

- Benzeno: diminui todos os elementos formadores de sangue, podendo ocorrer morte por depressão da medula óssea. Pode levar à morte
- Tetracloroeto de carbono: provoca anemia com leucopenia
- Metanol: danos ao nervo ótico, cegueira, parkinsonismo, polineuropatia e encefalopatia tóxica. Pode levar à morte
- Dietilenoglicol: *sintomas gastrointestinais (náuseas e/ou vômitos e/ou dor abdominal) associados à evolução rápida para insuficiência renal aguda, seguidos ou não de uma ou mais alterações neurológicas: paralisia facial, borramento visual, amaurose, alterações de sensório, paralisia descendente e crise convulsiva.* Pode levar à morte

4.5 Perigos ao meio ambiente relacionados aos solventes orgânicos

O solvente pode contaminar o solo, a água e o ar, conforme a interação do solvente com estes compartimentos, a quantidade de solvente, condições climáticas e as propriedades físico-químicas do material.

No estado líquido, o solvente pode migrar para solo e água, enquanto que no estado gasoso, seu compartimento alvo é o ar. Se o solvente é muito volátil, apresenta potencial contaminador do ar, enquanto que os solventes de baixa taxa de evaporação, acabam tendo potencial contaminante para solo e água.

4.5.1 Contaminação da água

Em geral, solventes muito solúveis em água apresentam baixo potencial de adsorção em solo e são rapidamente dissolvidos em água e transportados a partir do solo contaminado para os cursos de água.

Compostos pouco compatíveis com a água, tendem a formar um sistema bifásico, com uma camada do material na superfície da água (se for menos denso) ou no fundo (se for mais denso).

O solvente pode ter efeitos tóxicos no meio aquático, impedindo a reprodução dos peixes e demais animais marinhos, atacando a flora, bloqueando o acesso ou consumindo o oxigênio disponível para fauna e flora e, ainda, levando-os à morte.

4.5.2 Contaminação do solo

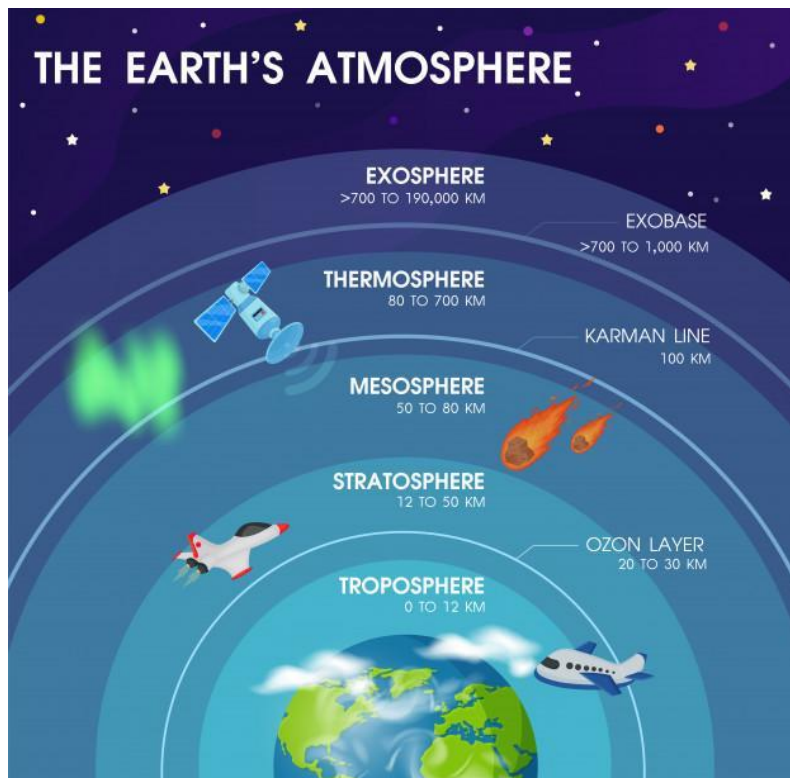
A redução da fertilidade do solo, aumento da erosão, danos para a flora e a fauna, liberação de gases poluentes e contaminação de alimentos são alguns danos que os solventes podem causar ao solo. Além disso, se a temperatura do ambiente for muito alta poderão ocorrer até explosões.

A camada superior do solo, de aproximadamente 20 cm, consiste na camada mais viva, rica em microrganismos como fungos, bactérias, protozoários e vermes decompositores, que são responsáveis pelo equilíbrio dos diversos níveis tróficos. Os solventes orgânicos causam o colapso das células destes microrganismos, levando-os à morte.

Parte dos solventes podem permanecer adsorvidos nos componentes do solo, causando contaminação das plantas que crescem no local, que pode carregar esta contaminação para a alimentação humana. Outra parte, pode lixiviar as camadas do solo, carregando componentes orgânicos por solubilização, deixando o solo mais seco e suscetível aos processos de erosão. Em ambos os casos, temos efeitos nocivos de difícil recuperação.

4.5.3 Contaminação do ar

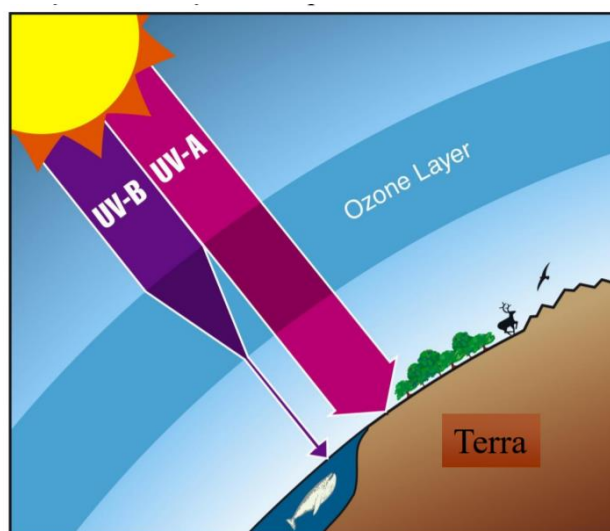
A atmosfera da Terra é uma camada de gases em redor do planeta Terra, mantida pela gravidade da Terra. Através de processos complexos, absorve radiação solar ultravioleta, aquece a superfície através da retenção de calor e reduz os extremos de temperatura entre dia e noite. Garante a oferta de gases como oxigênio e gás carbônico, essenciais à vida, na camada próxima à superfície. Para entender o efeito nocivo dos solventes na atmosfera, é importante conhecer primeiro as suas camadas e a importância das mesmas, especialmente as camadas mais importantes no âmbito da poluição atmosférica, que são a troposfera e a estratosfera.



A troposfera é a camada mais próxima à superfície da Terra e se estende do nível do mar a uma altura de cerca de 18 km. É nessa camada que os seres vivos podem respirar normalmente e que ocorrem quase todos os fenômenos meteorológicos, porque nela se encontra quase todo o vapor de água da atmosfera. Além do vapor de água, temos a seguinte composição de gases secos: 78% de nitrogênio, 21% de oxigênio e 1% de outros gases, em volume.

A estratosfera é a segunda maior camada da atmosfera da Terra, logo acima da troposfera, e abaixo da mesosfera. Apresenta estratificação na temperatura, com as camadas superiores mais quentes e as camadas inferiores mais frias. Isto está em contraste com a troposfera, próximo à superfície da Terra, que é mais frio nas zonas altas e mais quente à superfície terrestre. A fronteira da troposfera com a estratosfera, é a tropopausa, onde se verifica essa inversão térmica. A estratosfera situa-se entre cerca de 10 km e 50 km de altitude acima da superfície nas latitudes moderada, enquanto nos pólos começa em cerca de 7 km de altitude. É nesta camada que se encontra a camada de ozônio, entre os 15 e os 35 km

A camada de ozônio presente na estratosfera atua como um filtro de radiação UV proveniente do sol, principalmente UVB, que é uma das principais causas de câncer de pele.



UVC (100 – 280 nm) → absorção por O₂
 UVB (280 – 320 nm) → absorção por O₃
 UVA (320 – 400 nm) → importante para síntese da Vit. D

Apesar de ser extremamente necessária na estratosfera, a presença de ozônio na troposfera (a camada próxima à superfície) é prejudicial à saúde humana e ao meio ambiente, causando vários problemas respiratórios e contribuindo com o aquecimento global.

Solventes orgânicos são classificados como VOC's (Compostos Orgânicos Voláteis), e são considerados poluentes troposféricos porque reagem com óxidos nitrosos formando ozônio na troposfera. Utiliza-se uma escala chamada de MIR (Maximum Incremental Reactivity), que estabelece a massa (em gramas) de ozônio formada para cada um grama de produto. Na tabela a seguir, os valores de MIR dos principais solventes industriais.

Solvente	MIR (g Ozônio/g solvente)
m-xileno	11,06
Etilenoglicol	5,66
Tolueno	4,19
Glicerol	3,76
Etanol	1,92
Acetato de amila	1,16
Acetato de isobutila	1,08
Benzeno	1
Metanol	0,99
Álcool isopropílico	0,81
Acetona	0,48

Por outro lado, temos os solventes que são considerados poluentes extratossféricos, pois contribuem para a destruição da camada de ozônio. Entre estes poluentes, os principais são os solventes halogenados.

4.6 Cálculos de VOC e MIR

O ozônio presente na troposfera é o principal causador da neblina urbana, representado pelo embaçamento amarelado que pode ser visto principalmente no verão. Ele é formado pela reação entre compostos orgânicos voláteis (VOCs) e óxidos nitrosos (NOx). Dois parâmetros são utilizados para classificar compostos orgânicos como sendo mais ou menos poluente. O primeiro é o VOC em g/L, em que se avalia a quantidade em gramas de compostos orgânicos voláteis presentes em um litro de produto.

Exemplo de cálculo de VOC em uma tinta:

Composição	% em massa
Resina	35
Pigmento	5
Aditivos	1
Tolueno	59
Dados:	
Teor de sólidos	41 % em massa
Densidade	1,15 g/mL

Assim, em 1L de tinta:
Massa (g) = 1000mL x 1,15 g/mL
Massa (g) = 1150 g

Massa de solvente = 1150 g x 59%
Massa de solvente = 678,5g
VOC = 678,5 g/L

Exemplo de cálculo de VOC em uma mistura de solventes:

Composição	% em volume	Densidade (g/mL)	Massa (g)	Volume (mL)
Tolueno	50	0,867	43,35	50
Acetato de isobutila	30	0,875	26,25	30
Etanol	10	0,789	7,89	10
Acetona	10	0,784	7,84	10
TOTAL			85,33	100
DENSIDADE			0,8533 g/mL	

Assim, em 1L de produto:
Massa (g) = 1000mL x 0,8533 g/mL

Massa (g) = 853,3 g
Massa de solvente = 853,3
VOC = 853,3 g/L

O segundo parâmetro leva em consideração o incremento de ozônio troposférico devido à utilização do produto, levando em consideração as diferentes reatividades de cada composto orgânico. Este parâmetro é chamado de MIR (reatividade incremental máxima) e é definido como a massa de ozônio formado, em gramas, para cada grama de VOC.

Exemplo de cálculo de MIR para uma mistura de solventes:

Composição	% em volume	Densidade (g/mL)	MIR (g O ₃ /g)	Massa (g)	Volume (mL)	g O ₃ /100 mL
Tolueno	50	0,867	4,19	43,35	50	181,6365
Acetato de isobutila	30	0,875	1,08	26,25	30	28,35
Etanol	10	0,789	1,92	7,89	10	15,1488
Acetona	10	0,784	0,48	7,84	10	3,7632
		TOTAL (g)		85,33	100	228,8985
		DENSIDADE		0,8533 g/mL		

Para calcular o MIR, devemos dividir a massa de de ozônio equivalente aos 100 mL (228,8985g) pela massa de 100 mL da mistura de solventes:

$$MIR = \frac{228,8985 \text{ g O}_3}{85,33 \text{ g}}$$

$$MIR = 2,6825 \text{ g O}_3/\text{g}$$

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

- 1) Uma empresa necessita fazer uma operação de limpeza em uma área com equipamentos antigos, com aquecimento, painéis elétricos, etc. Qual solvente é mais seguro para ser utilizado? Qual propriedade de solventes é fundamental para esta escolha
- 2) Entre os solventes a seguir, quais apresentam maior potencial para formação de ozônio na troposfera?

- a. Tolueno e benzeno
 - b. Acetona e acetato de etila
 - c. Metanol e etanol
- 3) Em um derramamento de C9 e acetato de butila, qual tem maior tendência a migrar para o lençol freático e qual tem maior tendência a permanecer no solo?

