



CRQ - 4ª REGIÃO
SÃO PAULO

LEI Nº 2.800 DE 18 DE JUNHO DE 1956

GUIA PRÁTICO DE LABORATÓRIO

COMISSÃO TÉCNICA DE SERVIÇOS LABORATORIAIS

Diretrizes práticas para atuação laboratorial com
segurança, qualidade e responsabilidade técnica

 CRQ-SP
QUALIFICA



FICHA TÉCNICA

1ª Edição

Junho de 2025

Realização:

Comissão Técnica de Laboratório do CRQ-SP

Autores:

Andrea de Souza Moreira Mangianelli

Carlos Eduardo da Silva

Dilcelli Soares Moura

Glauce Guimarães Pereira

Klauss Engelmann

Roseli Fernandes Gennari

Colaboradores:

Andréia Bueno Ribeiro

Bárbara Prestes de Castro Souza

Leandro Erico Batista

Marcel Luis Brancalion

Raphael Fabbro Gomes

Gerência de Relações Institucionais do CRQ-SP:

Aislan Renato Balza – Gerente

Patrícia Orii – Assessora

Luciana Bragil Mamede – Coordenadora



O portal de aprimoramento profissional do CRQ-SP

www.crqsp.org.br/qualifica

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	5
2.	PRINCIPAIS REQUISITOS LEGAIS E NORMATIVOS PARA LABORATÓRIOS	6
3.	UTILIZANDO A VIDRARIA ADEQUADA	11
4.	SEGURANÇA EM LABORATÓRIO	16
5.	ROTULAGEM DE SOLUÇÕES ANALÍTICAS E RESÍDUOS	24
6.	RESÍDUOS LABORATORIAIS	33
7.	TÉCNICAS ANALÍTICAS CONVENCIONAIS	38
8.	TÉCNICAS ANALÍTICAS INSTRUMENTAIS	47
9.	SISTEMA DE GESTÃO EM LABORATÓRIO	54
10.	REFERÊNCIAS	62

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - MENISCO CÔNCAVO X MENISCO CONVEXO _____	14
Figura 2 - VISUALIZAÇÃO CORRETA PARA AJUSTE DO MENISCO À LINHA DE AFERIÇÃO _____	14
Figura 3 - DIAGRAMA DE RISCOS AMBIENTAIS _____	16
Figura 4 - ILUSTRAÇÃO DE ALGUNS DOS EPI'S MENCIONADOS NESTE CAPÍTULO ____	19
Figura 5 - ILUSTRAÇÃO DE ALGUNS DOS EPC'S MENCIONADOS NESTE CAPÍTULO ____	20
Figura 6 - ILUSTRAÇÃO DE ALGUNS DOS EQUIPAMENTOS DE EMERGÊNCIA _____	21
Figura 7 - TIPOS DE EXTINTORES _____	23
Figura 8 - PICTOGRAMA GHS _____	26
Figura 9 - EXEMPLO DE USO DE PICTOGRAMA NA FDS DA ACETONA _____	26
Figura 10 - EXEMPLO ILUSTRATIVO CONTENDO OS REQUISITOS MÍNIMOS DO RÓTULO DE ACORDO COM A NORMA NBR 14725 (ABNT, ABNT NBR 14725, 2023) _____	31
Figura 11 - EXEMPLO ILUSTRATIVO CONTENDO OS REQUISITOS MÍNIMOS DO RÓTULO DE RESÍDUO QUÍMICO DE ACORDO COM A NORMA NBR 16725 _____	32
Figura 12 - FLUXOGRAMA DE SEGREGAÇÃO DE RESÍDUOS POR CLASSE E PROPRIEDADES QUÍMICAS _____	37
Figura 13 - TIPOS DE GRAVIMETRIA _____	39
Figura 14 - ESQUEMA BÁSICO DE UM SISTEMA DE TITULAÇÃO MANUAL _____	42
Figura 15 - EXEMPLO DE CURVA DE TITULAÇÃO _____	43
Figura 16 - FLUXOGRAMA PARA APLICAÇÃO DE UMA TÉCNICA DE ANÁLISE INSTRUMENTAL _____	48
Figura 17 - ILUSTRAÇÃO DE UM SISTEMA CROMATOGRÁFICO _____	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - VOLUME NOMINAL E MÁXIMO ERRO PERMITIDO DE ACORDO COM A ISO 648:2008 _____	11
Tabela 2 - TIPOS DE EXTINTORES E SUAS INDICAÇÕES _____	22
Tabela 3 - CORRELAÇÃO FDS COM ELEMENTOS DE ROTULAGEM _____	30
Tabela 4 - REAÇÕES E TITULAÇÃO _____	45

LISTA DE ANEXOS

Anexo 01 - MODELO DE INVENTÁRIO DE RESÍDUOS DE LABORATÓRIO
--

1. INTRODUÇÃO

Este Guia Prático de Laboratório visa proporcionar ao leitor melhor entendimento das práticas que acontecem dentro dos laboratórios de análises químicas.

Temos como principal objetivo alcançar todos os interessados na área da Química e áreas correlatas, sejam professores, estudantes, profissionais formados, ativos ou não, que queiram conhecer e/ou se aprofundar sobre os temas aqui abordados.

Vamos tratar de temas importantes para o laboratório, desde requisitos legais, passando por operações básicas, segurança, identificação, descarte, técnicas analíticas, chegando até o Sistema de Gestão.

O laboratório é um ambiente de trabalho diferenciado, pois há uma série de produtos e de operações que podem resultar em acidentes pessoais, danos materiais e riscos para o meio ambiente, sejam químicos, biológicos ou físicos. Assim sendo, o profissional deve estar totalmente atento e agir sempre cautelosamente a fim de prevenir ou minimizar o impacto de um acidente. Para que isso seja possível, o profissional deverá conhecer e saber utilizar todos os equipamentos que envolvam o desempenho de sua função, como equipamentos de proteção individual (EPI's), equipamentos de proteção coletiva (EPC's) e os instrumentos analíticos disponíveis.

Grande parte dos acidentes em laboratórios acontecem em razão da pressa para obtenção dos resultados ou por falta de conhecimento do profissional. Excesso de confiança também pode gerar acidentes!

“Nenhum trabalho é tão importante e tão urgente que não possa ser planejado e executado com segurança” (QUÍMICA/UFPB, 2017).

2. PRINCIPAIS REQUISITOS LEGAIS E NORMATIVOS PARA LABORATÓRIOS

O objetivo deste capítulo do guia é fornecer aos laboratórios de forma resumida os principais requisitos legais necessários para se chegar às melhores práticas em suas operações analíticas.

Sendo o laboratório de análises um ambiente que trabalha com substâncias químicas e equipamentos de alta precisão, existem diversos requisitos legais que precisam ser cumpridos.

2.1. ALVARÁS E LICENÇAS

Para a abertura e funcionamento de um laboratório químico são necessários alguns alvarás e licenças específicas, que podem variar de acordo com a localidade e a atividade a ser desenvolvida. Alguns dos principais alvarás e licenças necessários são:

- Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica (CNPJ): registro fiscal obrigatório para todas as empresas.
- Alvará de Funcionamento: é o documento que permite o funcionamento da empresa em determinado local. Deve ser solicitado junto à prefeitura do município onde será instalado o laboratório.
- Licença Sanitária: documento emitido pela Vigilância Sanitária, que atesta as condições sanitárias do laboratório e autoriza a sua operação.
- Registro no Conselho Regional de Química (CRQ): o laboratório deve ser registrado no CRQ da sua região para atestar que conta com a presença de um profissional responsável técnico.
- Licença Ambiental: é necessária para comprovar que a atividade desenvolvida pelo laboratório não oferece riscos ao meio ambiente. Deve ser obtida junto aos órgãos ambientais competentes.
- Autorização da Vigilância Sanitária: para laboratórios que desenvolvem atividades relacionadas à saúde, como análises clínicas, é necessário obter autorização da vigilância sanitária.
- Licença da Polícia Federal: necessária para aquisição, armazenamento e utilização de produtos químicos controlados.

- Licença da Polícia Civil: alguns produtos químicos utilizados em laboratórios requerem licença da Polícia Civil. Essa licença é necessária para aquisição, armazenamento e utilização de produtos químicos que possam ser utilizados em atividades criminosas. Alguns exemplos desses produtos são:
 1. Ácido clorídrico
 2. Ácido nítrico
 3. Ácido sulfúrico
 4. Acetona
- Licença do Exército: necessária para aquisição, armazenamento e utilização de produtos químicos que possam ser utilizados em fabricação de bombas ou explosivos. Alguns exemplos desses produtos são:
 1. Nitrato de amônio (em concentrações superiores a 28%)
 2. Cloreto de metileno (em quantidades acima de 500g)
 3. Ácido clorídrico (em quantidades acima de 5 litros)
 4. Ácido nítrico (em quantidades acima de 1 litro)
- Cadastro na ANVISA: laboratórios que trabalham com cosméticos, produtos de limpeza, saneantes e laboratórios de ensaios para potabilidade devem ser cadastrados na Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).
- Autorização da ANP: laboratórios que realizam análises de combustíveis e lubrificantes precisam obter autorização da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP).
- Licença de Funcionamento da CETESB: Os laboratórios são dispensados de licença de operação, mas devem possuir licença para destinação adequada de seus resíduos (CADRI – Certificado de Movimentação de Resíduo de Interesse Ambiental).

É importante consultar a legislação específica de cada região para verificar quais são os alvarás e licenças necessários para a abertura e operação de um laboratório químico. Além disso, é fundamental seguir todas as normas de segurança e boas práticas de laboratório para garantir a segurança dos trabalhadores e do meio ambiente.

2.2. QUESITOS REGULATÓRIOS

Os principais quesitos regulatórios para um laboratório químico podem variar de acordo com a região e a natureza dos ensaios realizados, mas em geral, incluem:

2.2.1. Normas de Segurança

O laboratório químico deve seguir normas de segurança para garantir a saúde e a segurança dos trabalhadores e do meio ambiente. Essas normas podem incluir o uso de equipamentos de proteção individual (EPI's), a identificação e o armazenamento adequado de produtos químicos, e a adoção de medidas para prevenir incêndios e explosões.

As Normas Regulamentadoras de Segurança e Saúde do Trabalho (NR – do Ministério do Trabalho) trazem diretrizes específicas de acordo com a área de atuação.

2.2.2. Regulamentação de produtos químicos

O uso, a importação, a fabricação e a comercialização de produtos químicos são regulamentados por diversas agências governamentais. Dependendo da natureza dos ensaios realizados, o laboratório químico pode precisar seguir normas específicas para a manipulação e o armazenamento de produtos químicos.

2.2.3. Certificação e acreditação

O laboratório químico pode precisar obter certificações e acreditações para comprovar a sua competência técnica e a qualidade dos serviços prestados. Essas certificações podem ser emitidas por organismos nacionais ou internacionais, como a ISO (International Organization for Standardization) e o INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia).

A diferença entre certificação e acreditação será abordada no capítulo 9 do presente guia.

2.2.4. Regulamentação de resíduos

O laboratório químico deve seguir normas para a destinação e o tratamento de resíduos químicos gerados durante os ensaios. Essas normas podem incluir o armazenamento

adequado de resíduos, a segregação por tipo de resíduo e a contratação de empresas especializadas para a destinação final.

2.2.5. Regulamentação de biossegurança

Dependendo dos ensaios realizados, o laboratório químico pode precisar seguir normas de biossegurança para prevenir a contaminação por agentes biológicos. Essas normas incluem o uso de EPI's adequados, a adoção de medidas para evitar a contaminação cruzada e a esterilização de equipamentos e materiais.

2.2.6. Regulamentação de equipamentos

O laboratório de ensaios deve seguir normas para a calibração, manutenção e uso adequado dos equipamentos de ensaio. Essas normas podem incluir a periodicidade da calibração, a verificação da precisão dos equipamentos e a documentação das atividades realizadas.

2.2.7. Controle de qualidade

O laboratório de ensaios deve adotar medidas para garantir a qualidade dos ensaios realizados, como a verificação dos resultados e a implementação de ações corretivas em caso de desvios.

2.2.8. Rastreabilidade

O laboratório de ensaios deve manter registros que permitam a rastreabilidade dos ensaios realizados, como a documentação dos procedimentos adotados e dos resultados obtidos.

2.3. AS PRINCIPAIS NORMAS

Existem várias normas que podem ser aplicadas a laboratórios químicos, dependendo do tipo de atividade e dos serviços oferecidos pelo laboratório. Algumas das principais normas são:

1. ISO/IEC 17025 - Requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaio e calibração: Esta é uma norma internacional. Ela define os requisitos de gestão da qualidade, a competência técnica e a imparcialidade de um laboratório.

2. ISO 9001 - Sistema de gestão da qualidade: Esta é uma norma internacional que estabelece os requisitos para um sistema de gestão da qualidade em uma organização. Ela se concentra na melhoria contínua dos processos e no aumento da satisfação do cliente.

3. OHSAS 18001/ISO 45001 - Sistema de gestão da saúde e segurança ocupacional: Estas são normas internacionais que estabelecem os requisitos para um sistema de gestão da saúde e segurança ocupacional em uma organização. Elas se concentram na prevenção de lesões e doenças relacionadas ao trabalho.

4. NBR 14644 - Salas limpas e ambientes controlados associados: Esta norma estabelece as classes de limpeza para ambientes controlados, como salas limpas, e os requisitos para sua operação e manutenção.

5. NBR 10004 - Resíduos sólidos: Esta norma estabelece os procedimentos para a classificação de resíduos sólidos e os critérios para a sua destinação final.

6. NBR 14725 – Ficha com Dados de Segurança de Produtos Químicos (FDS): Esta norma estabelece as informações mínimas que devem constar na FDS, como identificação do produto, composição, propriedades físicas e químicas, perigos, medidas de primeiros socorros, medidas de combate a incêndio, entre outras informações.

3. UTILIZANDO A VIDRARIA ADEQUADA

As vidrarias de laboratório desempenham um papel fundamental, desde a pesquisa até o controle de qualidade. Consideradas instrumentos essenciais para a realização de experimentos e análises diversas, existem alguns pontos que precisamos considerar:

3.1. VARIEDADE DE INSTRUMENTOS

Temos opções que vão desde tubos de ensaio até sistemas complexos de destilação. O que vai determinar qual vidraria é a mais adequada é o tipo de ensaio, a precisão requerida e a compatibilidade do material com reagentes e soluções. Béquer e Erlenmeyer, por exemplo, não são vidrarias de precisão e, em geral são utilizados para transferência de volumes, preparos diversos, reações químicas etc.

Já entre as pipetas, devemos escolher a volumétrica, para garantir uma maior precisão, ao invés da graduada. Além disso, pipetas de Classe A oferecem maior precisão do que as pipetas de Classe B, conforme tabela 1.

Tabela 1 - VOLUME NOMINAL E MÁXIMO ERRO PERMITIDO, DE ACORDO COM A ISO 648:2008

Volume Nominal (ml)	Máximo erro permitido	
	Classe A e AS (\pm ml)	Classe B (\pm ml)
0,5	0,005	0,010
1	0,008	0,015
2	0,010	0,02
5	0,015	0,03
10	0,02	0,04
20	0,03	0,06
25	0,03	0,06
50	0,05	0,10

100	0,08	0,015
-----	------	-------

3.2. MATERIAL

Existem infinitas formulações de vidros em função da aplicação, processo de produção e disponibilidade de matérias-primas [Mauro Akerman, Natureza, Estrutura e Propriedades do Vidro].

No laboratório, os materiais mais encontrados são: vidro comum, borossilicato, quartzo fundido ou vidro temperado.

O vidro de borossilicato é o mais indicado, já que possui características favoráveis, como transparência, resistência ao calor e inércia química. Além disso, possui um coeficiente de dilatação de 3,2 contra 8,6 do vidro comum, o que permite seu aquecimento, sem comprometer consideravelmente sua estrutura.

3.3. TC E TD

Existem dois tipos principais de vidrarias: as “to-contain” (TC), usadas para armazenamento, e as “to-deliver” (TD), usadas para transferência de substâncias. A calibração RCB é recomendada para vidrarias de transferência, garantindo precisão nas análises.

3.4. CONFIABILIDADE DOS RESULTADOS

Utilizar vidrarias de qualidade, adequadas ao tipo de processo, e tomar os devidos cuidados contribui para resultados ainda mais confiáveis.

Confira alguns dos cuidados que devemos tomar:

- **Limpeza e Inspeção:** Antes de usar qualquer vidraria, verifique se ela está limpa e em boas condições. Qualquer sujeira ou resíduo pode afetar os resultados. Além disso, a vidraria deve estar seca antes do uso.
- **Manuseio cuidadoso:** As vidrarias são frágeis e podem quebrar facilmente. Segure-as com firmeza, mas com cuidado. Evite batidas ou choques bruscos.
- **Calibração:** Verifique se as vidrarias de precisão (balão, buretas e pipetas) estão devidamente calibradas.

- **Evite mudanças bruscas de temperatura:** mesmo o vidro de borossilicato, que é resistente a mudanças de temperatura, não deve sofrer choques térmicos extremos.
- **Armazenamento adequado:** Guarde as vidrarias em locais apropriados e defina o recipiente correto de armazenamento de soluções após o preparo. O uso prolongado de balões para armazenamento de soluções pode acarretar contaminação cruzada quando utilizado com outras substâncias;
- **Vidraria quebrada:** Nunca utilize vidrarias quebradas ou danificadas. Além de acarretar erro no volume, pode causar acidentes. Se uma vidraria quebrar, descarte-a imediatamente e de maneira segura.

3.5. LIMPEZA DE VIDRARIAS

Para a maioria dos casos, um bom agente de limpeza de vidrarias é a dupla água e sabão. Mas, antes de iniciar o processo de limpeza, deve-se avaliar a natureza do resíduo.

Utensílios como bucha e cepilho (ou escovinha) podem auxiliar na remoção de sujidades mais persistentes, desde que não comprometam a integridade do material. Não utilize cepilhos danificados e evite utilizar o lado verde da bucha. Vidrarias riscadas, além de acarretar variação no volume, são fontes de contaminação cruzada, uma vez que os resíduos ficam acumulados nessas fissuras.

Em alguns casos, podemos recorrer à água aquecida, que auxilia na solubilização de algumas sujidades. E, em último caso, o uso de solventes específicos também é recomendado, considerando: lei da solubilidade (semelhante dissolve semelhante), vantagens e desvantagens, custos, impacto ao meio ambiente, segurança, entre outros.

Materiais pequenos podem ser deixados de molho em soluções de limpeza. Lembrando de trocar a solução de tempos em tempos, até que toda a sujeira seja removida.

Como uma boa prática de limpeza de vidraria, recomenda-se vários ciclos de enxague com água de torneira e um (ou mais) enxague final com água ultrapura ou destilada.

Vidrarias submetidas a limpeza através de lavadoras também precisam de cuidado. É importante verificar a resistência do material e possibilidade de acúmulo de resíduos provenientes do próprio sabão. Para melhor confiabilidade, recomenda-se uma validação de lavagem.

3.6. USO GERAL DE VIDRARIAS

Além dos cuidados e pontos de atenção mencionados anteriormente, existem outros cuidados durante o uso que precisam ser levados em consideração:

- Tipo de menisco formado: o menisco côncavo, que é o mais comum, ocorre quando as moléculas do líquido são atraídas pelas moléculas do recipiente (ex: a água). O menisco convexo ocorre quando as moléculas têm maior atração entre si, do que com o frasco (ex: mercúrio).

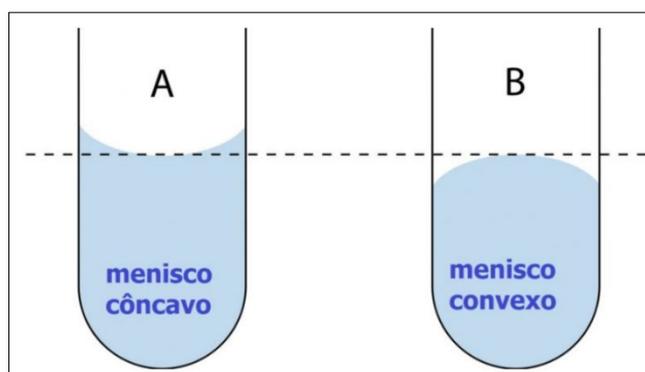


Figura 1 - MENISCO CÔNCAVO X MENISCO CONVEXO. FONTE: [HTTPS://WWW.NORMASABNT.ORG/MENISCO-DE-AGUA/](https://www.normasabnt.org/menisco-de-agua/)

- Ajuste do menisco à linha de aferição;

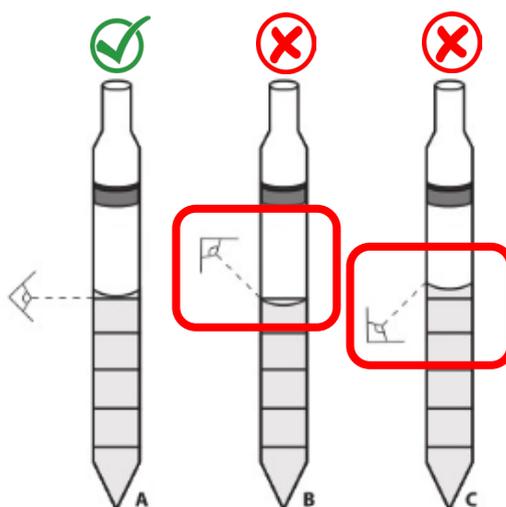


Figura 2 - VISUALIZAÇÃO CORRETA PARA AJUSTE DO MENISCO À LINHA DE AFERIÇÃO. FONTE: AUTORES

- Verificar a calibração do material utilizado. Pela ASTM E 542-22, a calibração de vidrarias volumétricas do tipo borossilicato tem durabilidade indeterminada, desde que seja utilizada com cuidado e não seja exposta ao ácido fluorídrico, ácido fosfórico a quente ou concentrado, álcalis quentes e que não sejam aquecidas acima de 150°C para secagem. Outros tipos de vidro não devem ser aquecidos acima de 90°C.
- Inspeção geral das condições da vidraria antes do uso: quebra, desgaste, riscos.

4. SEGURANÇA EM LABORATÓRIO

A segurança dentro de um laboratório depende de um conjunto de ações com o objetivo de proporcionar a diminuição dos riscos do ambiente laboratorial. Para isso devemos seguir as Boas Práticas de Laboratório (BPL). Estas medidas são constituídas por atividades organizacionais do ambiente de trabalho e por procedimentos básicos, como a utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPI's) e Equipamentos de Proteção Coletivos (EPC's), limpeza e higienização do ambiente laboratorial, dentre outras.

4.1. RISCOS AMBIENTAIS

Os riscos ambientais são causados por agentes físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e mecânicos existentes nos ambientes de trabalho que, em função de sua natureza, concentração ou intensidade e do tempo de exposição podem causar danos à saúde do trabalhador. Dessa forma, deve-se implementar as normas preconizadas para segurança a fim de reduzir os riscos e padronizar e normalizar procedimentos que sigam as normas de segurança. Também é necessário identificar e classificar áreas de risco e estabelecer programas de treinamento para prevenção e monitoramento de acidentes de trabalho.

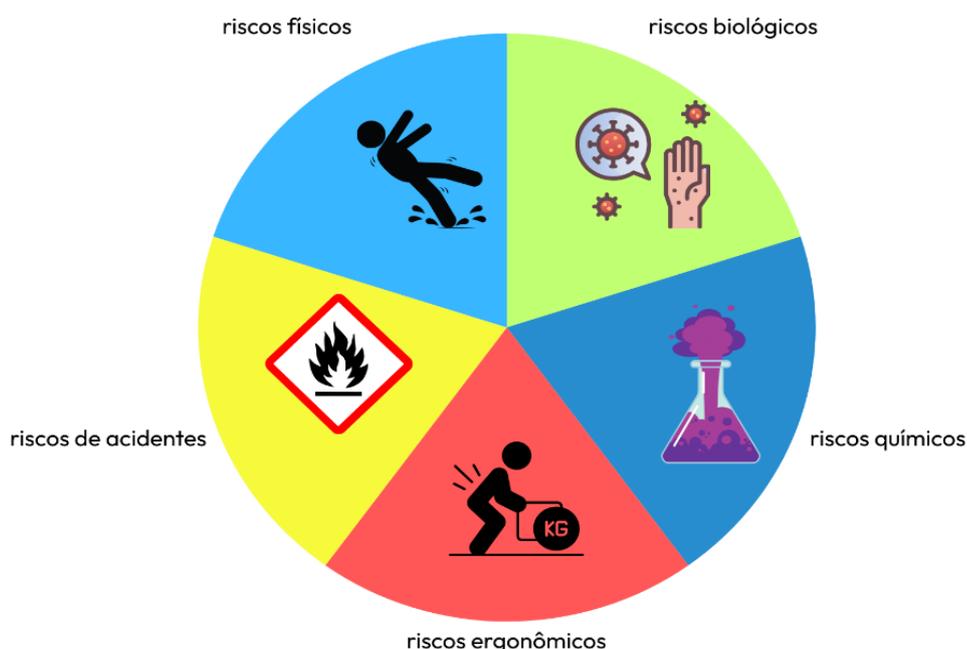


Figura 3 - DIAGRAMA DE RISCOS AMBIENTAIS - FONTE: AUTORES

4.1.1. Riscos Físicos

São gerados por máquinas e condições físicas características do local de trabalho, como por exemplo: temperaturas extremas, ruído, radiações ionizantes e não ionizantes e vibrações.

4.1.2. Riscos Químicos

São aqueles representados pelas substâncias químicas que se encontram nas formas líquida, gasosa ou sólida, e quando absorvidos pelo organismo podem produzir reações tóxicas e danos à saúde.

4.1.3. Riscos Biológicos

São causados por microrganismos como bactérias, fungos, vírus e outros. São capazes de desencadear doenças devido à contaminação e pela própria natureza do trabalho.

4.1.4. Riscos Ergonômicos

São aqueles contrários às técnicas de ergonomia, que exigem que os ambientes de trabalho se adaptem ao homem, proporcionando bem-estar físico e psicológico.

4.1.5. Riscos de Acidentes

Os riscos de acidentes, ou simplesmente acidentes, são aqueles ocasionados por práticas inseguras no laboratório, reações químicas descontroladas, derramamentos, incêndios, explosões, queimaduras, ingestão de produto químico e/ou inalação de substâncias tóxicas.

4.2. EQUIPAMENTOS DE SEGURANÇA

Os equipamentos de proteção são regulamentados pela NR-6 do Ministério do Trabalho. É importante sempre avaliar os riscos mencionados na ficha de segurança do produto químico a fim de utilizar os equipamentos apropriados na manipulação.

4.2.1. Equipamentos de Proteção Individual (EPI's)

Considera-se Equipamento de Proteção Individual todo dispositivo ou produto de uso individual utilizado pelo trabalhador destinado à proteção de riscos capazes de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho. São elementos de contenção de uso individual utilizados para proteger o profissional do contato com agentes infecciosos, químicos ou físicos no ambiente de trabalho, como também servem para evitar a contaminação do material em experimento ou em produção. Listamos a seguir grande parte destes equipamentos, que devem ser utilizados de acordo com a exposição ao risco:

- a) Aventais, jalecos ou roupas de proteção: Devem ser de mangas longas, confeccionados em algodão ou brim (material não inflamável).
- b) Protetores oculares: Os óculos servem para proteger os olhos contra impactos, respingos, aerossóis e luminosidade. É importante que sejam de qualidade comprovada, a fim de proporcionar ao usuário visão transparente, sem distorções e opacidade.
- c) Máscaras de proteção: São equipamentos de proteção das vias aéreas (nariz e boca), minimizando a inalação de gases, poeira, névoas e voláteis, devendo ser utilizados os elementos filtrantes apropriados para cada gás específico.
- d) Toucas: Dependendo da atividade desenvolvida, devem ser utilizadas toucas para proteger os cabelos de contaminação (aerossóis e respingos de líquidos) ou evitar que fios de cabelo contaminem uma área estéril.
- e) Calçados: São destinados à proteção dos pés contra umidade, respingos, derramamentos e impactos de objetos diversos. Devem ser fechados e de material resistente.
- f) Protetores auditivos: Usados para prevenir a perda auditiva provocada por ruídos. Devem ser utilizados em situações em que os níveis de ruído sejam considerados prejudiciais ou nocivos em longa exposição.
- g) Luvas: As luvas devem ser utilizadas em atividades laboratoriais com riscos químicos, físicos (cortes, calor, radiações) e biológicos. E devem ser

selecionadas de acordo com o produto a ser manipulado (látex, nitrílica, neoprene, viton, PVA, PVC, borracha butílica).

Alguns EPI's são considerados críticos e necessitam de Certificado de Aprovação (CA) aprovado pelo Ministério do Trabalho. Neste caso é importante verificar a existência do Certificado de Aprovação, bem como a validade do EPI.



Jaleco



Óculos de proteção

Máscara de Proteção
contra gases

Touca descartável



Calçado de segurança

Protetor auditivo
(tipo concha)Protetor auditivo
(tipo plug)

Luva Nitrílica

Luva térmica
(quente e frio)

Luva butílica

Figura 4 - ILUSTRAÇÃO DE ALGUNS DOS EPI'S. FONTE: DO AUTOR

4.2.2. Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC)

Os equipamentos de proteção coletiva têm a função de proteger o ambiente e a saúde dos laboratoristas, além da integridade dos mesmos; devem ser utilizados em procedimentos rotineiros, como é o caso da Cabine de Segurança Biológica (CSB) e da Capela de Exaustão. Conforme mencionado abaixo, estes equipamentos devem ser utilizados de acordo com a exposição ao risco:

- a) Cabines de Segurança Biológica – CSB: Constituem o principal meio de contenção e são utilizadas para proteger o profissional e o ambiente laboratorial dos aerossóis ou borrifos infectantes gerados a partir de procedimentos como centrifugação, trituração, homogeneização, agitação vigorosa e misturas, e durante a manipulação dos materiais biológicos.
- b) Capela de exaustão de gases: Tem a função de exaurir vapores, gases e fumos, mas serve também como uma barreira física entre as reações químicas e o ambiente de laboratório. Oferece assim uma proteção aos usuários e ao ambiente contra a exposição a gases nocivos, tóxicos, derramamento de produtos químicos e fogo.
- c) Carrinhos / Transportadores: São itens utilizados para transporte de material e/ou produtos químicos, evitando ou minimizando problemas por quedas e derramamentos.

Primeiro definimos os EPC's necessários para a proteção do coletivo e, em seguida, complementamos com os EPI's.



Figura 5 - ILUSTRAÇÃO DE ALGUNS DOS EPC'S. FONTE: DO AUTOR

4.2.3. Equipamentos de Emergência

Os equipamentos de emergência são aqueles utilizados para minimizar ou conter acidentes no laboratório:

- a) Lava Olhos: Serve para eliminar ou minimizar danos causados por acidentes nos olhos e/ou face. É um dispositivo formado por dois pequenos chuveiros de média pressão, acoplados a uma bacia metálica, cujo ângulo permite direcionamento correto do jato de água. Pode fazer parte do chuveiro de emergência ou ser do tipo frasco de lavagem ocular.
- b) Chuveiro de Emergência: É imprescindível para eliminação ou minimização aos danos causados por acidentes em qualquer parte do corpo;
- c) Extintores de incêndio: Utilizado para conter a chama, ou princípio de incêndio provocado por explosões, reações químicas descontroladas, curto-circuito etc., sempre de acordo com a classe de incêndio específica.



Lava-olhos de piso



Lava-olhos portátil



Chuveiro de emergência



Chuveiro de emergência com lava-olhos



Extintores de incêndio

**Figura 6 - ILUSTRAÇÃO DE ALGUNS DOS EQUIPAMENTOS DE EMERGÊNCIA.
FONTE: AUTORES**

Tabela 2 - TIPOS DE EXTINTORES E SUAS INDICAÇÕES

Agente Extintor	Indicação
Água (H ₂ O)	É indicado para incêndios da classe A . Seu princípio de extinção é por resfriamento e age em materiais como madeiras, tecidos, papéis, borrachas, plásticos e fibras orgânicas.
Gás Carbônico (CO ₂)	É indicado para incêndios da classe B e C . Seu princípio de extinção ocorre por abafamento e resfriamento e age em materiais combustíveis e líquidos inflamáveis, e também contrafogo oriundo de equipamentos elétricos.
Pó Químico (B/C)	É indicado para incêndios da classe B e C . Seu princípio de extinção é por meio de reações químicas.
Pó Químico (A/B/C)	É indicado para incêndios da classe A, B e C . Seu princípio de extinção é por meio de reações químicas e abafamento (para incêndios da classe A) e pode ser usado para a contenção de fogo de praticamente qualquer natureza.
Espuma Mecânica	É indicado para incêndios da classe A e B e seu uso é proibido para incêndios de classe C. Seu princípio de extinção é por meio de abafamento e resfriamento.
Cloreto de Sódio	É indicado para incêndios da classe D , como metais pirofóricos. Atua extinguindo a chama por abafamento, isolando o metal da atmosfera.



Figura 7 - TIPOS DE EXTINTORES. FONTE: AUTORES

5. ROTULAGEM DE SOLUÇÕES ANALÍTICAS E RESÍDUOS

5.1. FDS (FICHA COM DADOS DE SEGURANÇA DE PRODUTOS QUÍMICOS)

No Brasil todos os produtos químicos devem ser comercializados seguindo o padrão GHS - do inglês Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals, que traduzido para o português significa Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos. A sistemática para identificação dos produtos químicos no Brasil está estabelecida na ABNT NBR 14725, sendo a versão atual de 2023 (ABNT, ABNT NBR 14725, 2023). Esta norma estabelece os requisitos de Ficha de Dados de Segurança (FDS) e rotulagem dos produtos químicos de acordo com os requisitos do GHS.

O padrão GHS adotado pela ABNT NBR 14725 tem como objetivo aumentar a proteção da saúde humana e do meio ambiente. Isso se dá através do sistema GHS, um sistema internacionalmente reconhecido para a comunicação de perigos dos produtos químicos. Esta padronização atual foi desenvolvida por um grande grupo de especialistas de diversos países, e o histórico deste trabalho é apresentado no Manual Purple Book, que é revisado periodicamente (UNECE, 2023).

No Brasil, a adoção do GHS é obrigatória para locais de trabalho, conforme previsto na Norma Regulamentadora nº 26 (NR-26), da Secretaria Especial da Previdência e Trabalho (SEPRT) do Ministério da Economia.

Sabendo do padrão adotado no Brasil, é muito importante que todas as atividades realizadas com produtos químicos tenham disponíveis as informações dos produtos químicos utilizados. O documento que apresenta estas informações é a FDS (Ficha com Dados de Segurança) e os rótulos dos produtos são gerados a partir de suas FDS's. A elaboração de uma FDS é uma atividade complexa e requer alguma experiência. No entanto, o entendimento das informações apresentadas na FDS deve ser claro para todos os usuários de produtos químicos, seja em um laboratório com frascos de pequenas quantidades ou em uma indústria com uso de embalagens de grande quantidade, como por exemplo os IBC's (do inglês: IBC – Intermediate Bulk Containers).

A seguir apresentaremos os itens obrigatórios que devem constar de uma FDS de qualquer produto químico, seja este puro, mistura ou diluições.

Para exemplificarmos a FDS, apresentaremos também as informações mínimas que devem constar do documento. Para maiores detalhes, deve ser consultada a NBR

14725:2023 (ABNT, ABNT NBR 14725, 2023) que descreve os requisitos mínimos de todos os itens.

Requisitos da FDS (Ficha com Dados de Segurança)

1 – Identificação

Informações mínimas: identificação do produto; outras maneiras de identificação; usos recomendados e restrições de uso; detalhes do fornecedor (incluindo nome, endereço, número de telefone etc.); número do telefone de emergência.

2 – Identificação de perigos

Informações mínimas: classificação GHS da substância/mistura ou outra informação nacional ou regional; elementos de rotulagem do GHS, incluindo frases de precaução (pictogramas de perigo devem ser fornecidos através de uma reprodução gráfica dos símbolos em preto e branco ou através do nome do símbolo, por exemplo “chama”, “ossos cruzados”); outros perigos que não resultam em uma classificação (por exemplo: perigo de explosão das poeiras) ou outros que não sejam cobertos pelo GHS.

O reconhecimento dos pictogramas de perigo é uma importante informação para o correto manuseio, transporte interno e armazenamento dos produtos químicos. A seguir apresentamos todos os pictogramas que podem ser utilizados de acordo com o GHS.

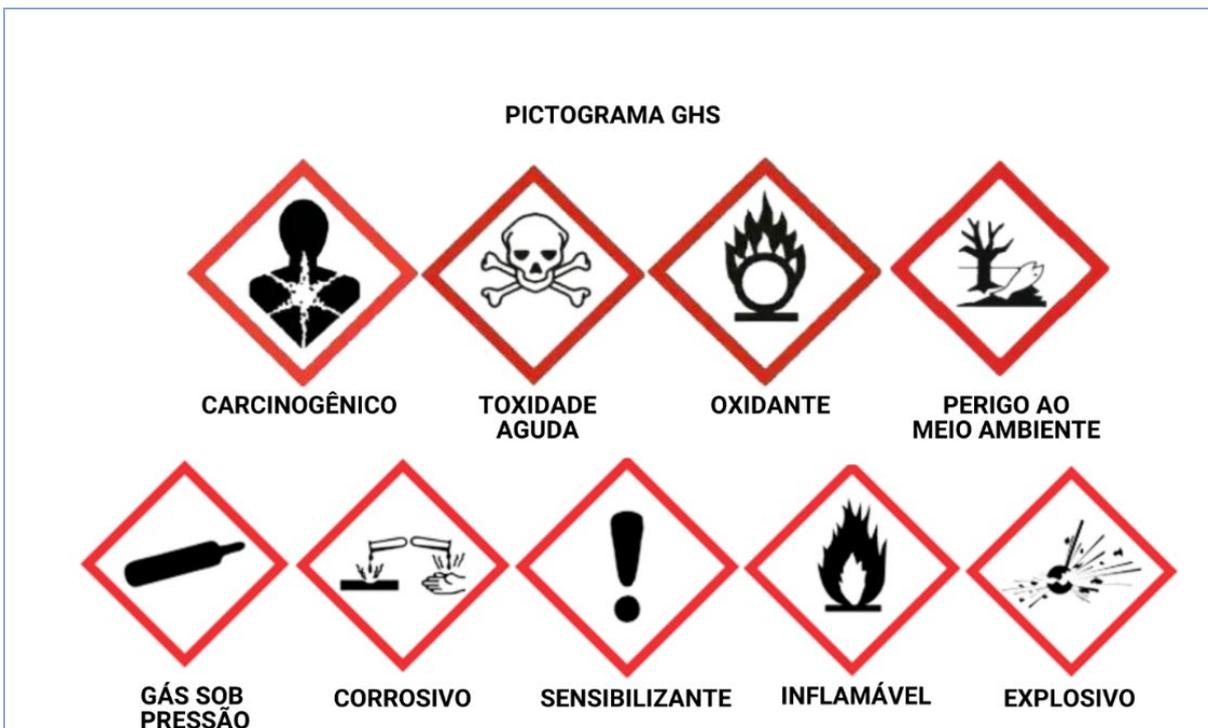


Figura 8 - PICTOGRAMA GHS – FONTE: AUTORES

A seguir apresentamos um exemplo para este item de uma FDS do produto químico acetona.

2. Identificação de perigos	
2.1 Classificação GHS	
Líquidos inflamáveis (Categoria 2)	
Irritação cutânea (Categoria 3)	
Irritação ocular (Categoria 2A)	
Toxicidade para órgãos-alvo específicos - exposição única (Categoria 3), Sistema nervoso central	
2.2 Elementos da Etiqueta GHS, incluindo declarações de prevenção	
Pictograma	
	
GHS02	GHS07
Palavra de advertência	
Perigo	

Figura 9 - EXEMPLO DE USO DE PICTOGRAMA NA FDS DA ACETONA

3 – Composição e informações sobre os ingredientes

Informações mínimas:

Substância:

- a) identidade química;
- b) nome comum, sinônimo etc.;
- c) número de registro CAS e outros identificadores únicos;
- d) impurezas e aditivos estabilizantes que sejam classificados e que contribuam para a classificação da substância.

Mistura:

- a) identidade química;
- b) número de registro CAS;
- c) concentração ou faixa de concentração.

4 – Medidas de primeiros-socorros

Informações mínimas: descrição das medidas necessárias, subdivididas de acordo com as diferentes rotas de exposição, isto é, inalação, contato com a pele, contato com os olhos e ingestão; sintomas mais importantes, agudos ou tardios; indicação de atenção médica imediata e tratamentos especiais se necessário.

5 – Medidas de combate a incêndio

Informações mínimas: meios de extinção adequados (e inadequados); perigos específicos provenientes do produto (por exemplo, produtos perigosos da combustão); equipamentos de proteção individual e precaução para equipe de bombeiros.

6 – Medidas de controle para derramamento ou vazamento

Informações mínimas: precauções pessoais, equipamentos de proteção e procedimentos de emergência; precauções ao meio ambiente; métodos e materiais para contenção e limpeza.

7 – Manuseio e armazenamento

Informações mínimas: proteções pessoais para manuseio seguro; condições para armazenamento seguro, incluindo qualquer incompatibilidade;

8 – Controle de exposição e proteção individual

Informações mínimas: parâmetros de controle, por exemplo, limites de exposição ocupacional ou limites biológicos; medidas de controle de engenharia; medidas de proteção pessoal, como equipamentos de proteção individual.

9 – Propriedades físicas e químicas

Informações mínimas: estado físico; cor; odor; ponto de fusão/ponto de congelamento; ponto de ebulição ou ponto de ebulição inicial e faixa de ebulição; inflamabilidade; limites de explosividade inferior e superior/limite de inflamabilidade; ponto de fulgor; temperatura de autoignição; temperatura de decomposição; pH; viscosidade cinemática; solubilidade; coeficiente de partição octanol/água (valor do log Kow); pressão de vapor; densidade ou densidade relativa; densidade de vapor relativa; características da partícula.

10 – Estabilidade e reatividade

Esta seção indica:

- a) estabilidade química: Indica se a substância ou mistura é estável ou instável em condições normais de temperatura e pressão.
- b) reatividade: Descreve os perigos de reatividade da substância ou mistura.
- c) possibilidade de reações perigosas: Estabelece se a substância ou mistura reage ou polimeriza, liberando excesso de pressão ou calor, ou gerando outras condições perigosas.
- d) condições a serem evitadas: Lista as condições a serem evitadas, tais como: temperatura, pressão, choque/impacto/atrito, luz, descarga estática, vibrações, envelhecimento, umidade e outras condições que podem resultar em uma situação de perigo.
- e) materiais incompatíveis: Lista as classes de substâncias ou as substâncias específicas com as quais a substância ou mistura pode reagir para uma situação de perigo (por exemplo, explosão, liberação de materiais tóxicos ou inflamáveis, liberação de calor excessivo).

f) produtos perigosos da decomposição: lista os produtos perigosos da decomposição conhecidos, resultantes do manuseio, armazenagem e aquecimento.

11 – Informações Toxicológicas

Nesta seção as informações devem ser concisas, completas e abrangente dos vários efeitos toxicológicos ocasionados pelo produto químico, sendo eles:

- a) Toxicidade aguda;
- b) Corrosão / irritação da pele;
- c) Lesões oculares graves / irritação ocular;
- d) Sensibilização respiratória ou da pele;
- e) Mutagenicidade em células germinativas;
- f) Carcinogenicidade
- g) Toxicidade à reprodução;
- h) Toxicidade para órgãos-alvo específicos – exposição única;
- i) Toxicidade para órgãos-alvo específicos – exposição repetida; e
- j) Perigo por aspiração.

Se a informação sobre algum dos itens não estiver disponível, deve-se mencionar “não disponível”.

12 – Informações ecológicas

Informações mínimas: ecotoxicidade (aquática e terrestre, quando disponível); persistência e degradabilidade; potencial de bioacumulação; mobilidade no solo; outros efeitos adversos.

13 – Considerações sobre destinação final

Informações mínimas: Descrição sobre resíduos e informações sobre manuseio seguro e métodos de disposição, incluindo o descarte de embalagens contaminadas.

14 – Informações sobre transporte

Contém informações sobre códigos e classificações de acordo com regulamentações nacionais e internacionais para transporte dos produtos. Informações mínimas: número ONU; nome apropriado para embarque; classes de perigo de transporte; grupo de embalagem, se aplicável; perigos ao meio ambiente (por exemplo: Poluente Marinho -

Sim/Não); transporte a granel de acordo com os instrumentos da IMO; precauções especiais às quais os usuários precisam ter ciência ou que devem seguir durante o transporte ou movimentação dentro ou fora de seus locais.

15 – Informações sobre Regulamentações

Contém informações sobre as regulamentações específicas para saúde, segurança e meio ambiente aplicáveis ao produto em questão.

16 – Outras informações

Informações sobre a preparação e revisão da FDS.

A partir da FDS é possível prever o uso adequado de EPI's e EPC's para operação de produtos químicos. Preferencialmente as FDS dos produtos devem ser avaliadas no planejamento do laboratório, assegurando a existência de todos os requisitos para o uso.

5.2. ROTULAGEM DE PRODUTOS QUÍMICOS

Assim como a FDS, o rótulo do produto químico é fundamental para o trabalho seguro e adequado com reagentes. Apresentamos um modelo de rótulo a seguir com os requisitos mínimos necessários para atender às exigências da NBR 14725 (ABNT, ABNT NBR 14725, 2023). Reforçamos a recomendação de que os rótulos das soluções diluídas devem seguir o mesmo critério, e recomendamos que na elaboração de rótulos seja sempre verificada a norma de referência para correta identificação das frases de perigo e precaução.

Tabela 3 - CORRELAÇÃO FDS COM ELEMENTOS DE ROTULAGEM. FONTE: AUTORES

Seção da FDS	Elementos de Rotulagem do GHS
Seção 1 – Identificação do produto e da empresa	Identificação do Produto e telefone de emergência da empresa

Seção 2 – Identificação de perigo	Pictograma de Perigo
Seção 2 – Identificação de perigo	Palavra de advertência
Seção 2 – Identificação de perigo	Frases de Perigo
Seção 2 – Identificação de perigo	Frases de Precaução

Modelo de rótulo meramente ilustrativo.

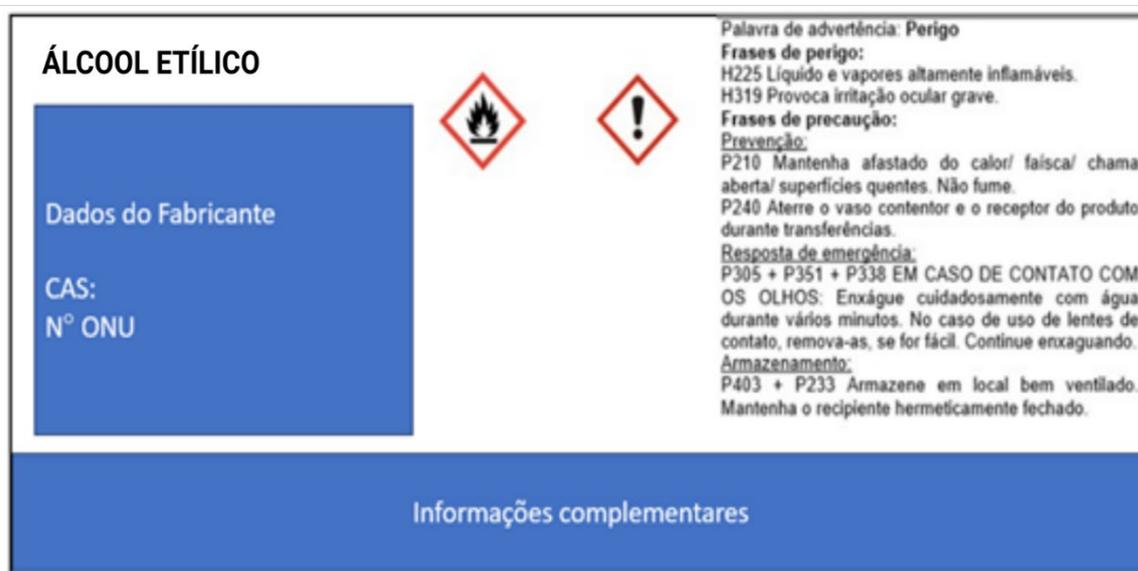


Figura 10 - EXEMPLO ILUSTRATIVO CONTENDO OS REQUISITOS MÍNIMOS DO RÓTULO DE ACORDO COM A NORMA NBR 14725 (ABNT, ABNT NBR 14725, 2023).

5.3. ROTULAGEM DE RESÍDUOS

Os resíduos gerados em laboratórios merecem uma preocupação especial devido à complexidade dos seus compostos e, principalmente, por apresentarem vários níveis de toxicidade. Eles podem ter características físico-químicas ou bioquímicas muito distintas devido à complexidade de geração.

Na rotina de laboratório é comum produzirmos resíduos devido às etapas das atividades desenvolvidas. A correta segregação e identificação dos resíduos químicos é uma atividade tão importante quanto a segregação e identificação dos produtos químicos utilizados. De acordo com as normas regulamentadoras brasileiras, a sistemática de

identificação é muito parecida com as dos produtos químicos. Para a correta elaboração de FDSR (Ficha de Destinação de Resíduo Químico) e do rótulo deve ser seguida a ABNT NBR 16725 (ABNT, 2023).

A seguir, na Figura 11, apresentamos um exemplo de rótulo de resíduo químico para exemplificar como devem ser identificados os resíduos.

NÚMERO ONU: 1993 NOME APROPRIADO PARA EMBARQUE: RESÍDUO LÍQUIDO INFLAMÁVEL, N. E. (MISTURA: BUTANONA E XILENOS) CLASSE DE RISCO: 3 (inflamável)		
RESÍDUO QUÍMICO PERIGOSO: MISTURA – BUTANONA E XILENOS		
Estabelecimento gerador: Endereço: Responsável: Telefone: Telefone de emergência:		Frases de perigo H225 Líquido e vapores altamente inflamáveis. H303 Pode ser nocivo se ingerido. H304 Pode ser fatal se ingerido e penetrar nas vias respiratórias. H315 Provoca irritação à pele. H319 Provoca irritação ocular grave. H332 Nocivo se inalado. H336 Pode provocar sonolência ou vertigem. H351 Suspeito de provocar câncer. H360 Pode prejudicar a fertilidade ou o feto. H370 Provoca danos ao sistema respiratório. H372 Provoca danos ao sistema respiratório e ao sistema nervoso central por exposição repetida ou prolongada. H412 Nocivo para os organismos aquáticos, com efeitos prolongados.
 Composição química: butanona (CAS 78-93-3) e xilenos (CAS 1330-20-7) Palavra de advertência: PERIGO		Frases de precaução P210 Mantenha afastado do calor, fiação, chama aberta ou superfícies quentes. – Não fume. P233 Mantenha o recipiente hermeticamente fechado. P273 Evite a liberação para o meio ambiente. P280 Use luvas de proteção, roupa de proteção, proteção ocular e proteção facial.
Estado físico Sólido () – massa (recipiente + conteúdo): kg Líquido () – volume real: L capacidade da embalagem: L		
A ficha com dados de segurança do resíduo químico (FDSR) perigoso "mistura de butanona e xilenos" pode ser obtida por meio do site xxxx.		

Figura 11 - EXEMPLO ILUSTRATIVO CONTENDO OS REQUISITOS MÍNIMOS DO RÓTULO DE RESÍDUO QUÍMICO DE ACORDO COM A NORMA NBR 16725 - FONTE: AUTORES

6. RESÍDUOS LABORATORIAIS

A geração de resíduos químicos em laboratórios de todos os segmentos por muito tempo foi um assunto pouco discutido. Na grande maioria dos laboratórios, a gestão dos resíduos gerados nas suas atividades rotineiras foi praticamente inexistente por décadas. Estes laboratórios normalmente são considerados pelos órgãos fiscalizadores como atividades não impactantes e, assim sendo, raramente fiscalizados quanto ao descarte de seus rejeitos químicos.

Atualmente vemos uma maior conscientização em relação aos resíduos laboratoriais e sua destinação. Vários segmentos da sociedade estão cada vez mais preocupados com problemas ambientais, e muito se discute a respeito de tais questões. A preocupação está diretamente ligada à biosfera e, conseqüentemente, à vida humana.

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (por meio da Lei 12.305 de 2010 e a RDC nº 222/2018 da ANVISA), a segregação deve ser praticada para todo e qualquer resíduo, não só os perigosos. Por este motivo, em toda unidade geradora de resíduos deve-se praticar o manejo, a fim de promover a destinação ambientalmente correta. Aos resíduos químicos não perigosos, passíveis de reutilização, recomenda-se realizar pré-tratamento no local gerador antes de seu descarte em sistema de tratamento de esgoto ou, no caso de sólido, para destinação como resíduos não perigosos ou para processos de reaproveitamento (Miranda & Da Costa, 2019).

Diante da importância do gerenciamento adequado dos resíduos de laboratório, o objetivo deste capítulo é apresentar as linhas básicas que devem ser seguidas para a implementação de um Plano de Gestão de Resíduos.

Apesar de ser direcionada a serviços de saúde, a Conama nº 358 tem grande valia para o gerenciamento de resíduos em laboratórios por promover uma classificação ampla, segregando os resíduos em classes segundo seus riscos biológicos, químicos, físicos e de menores impactos.

O manejo dos resíduos se caracteriza principalmente pela sua separação e classificação de acordo com as suas propriedades e seus riscos, visando construir uma sequência lógica, com caminhos a serem seguidos até a disposição final.

Ao se construir um modelo de gerenciamento de resíduos, não há certo ou errado, mas sim o desenvolvimento de estratégias de gestão que melhor atendam aquela realidade específica.

6.1. PROGRAMA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS

Para implantação de um programa de gestão de resíduos, três conceitos fundamentais devem ser desenvolvidos na instituição. O primeiro deles é a conscientização de que gerenciar resíduos não significa eliminar completamente a sua geração, mas reduzir a quantidade gerada e estabelecer metas de redução do uso de substâncias químicas agudamente tóxicas. O segundo conceito é a necessidade de conhecer todos os resíduos produzidos a serem gerenciados, e neste ponto é imprescindível a elaboração do inventário de resíduos. O terceiro conceito é ter em mente que o gerador é responsável pelo resíduo gerado, sendo de sua responsabilidade a destinação final ambientalmente adequada, cabendo a este a responsabilidade técnica e penal.

RESPONSABILIDADES
Responsabilidade Objetiva
O gerador do resíduo é responsável pelo mesmo.
Responsabilidade Compartilhada
Reduzir a geração de resíduo, o desperdício de materiais e os danos ao meio ambiente e à saúde.
Promover a reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final adequada.

A implementação de um plano de gestão de resíduos é um projeto de longo prazo, requer planejamento e mudança de atitude, por isso é importante ter as condições básicas para sustentar o plano citadas a seguir:

- Apoio institucional ao programa;
- Priorizar o lado humano frente ao tecnológico;
- Divulgar as metas estipuladas dentro das fases do programa;
- Reavaliar continuamente os resultados obtidos e as metas estipuladas;

O gerenciamento de resíduos geralmente engloba as seguintes etapas:

- a realização de um inventário;
- a rotulagem dos resíduos;
- a proposição de medidas de minimização;
- a segregação;
- o acondicionamento;
- o tratamento;
- o armazenamento;
- o transporte e;
- a disposição final dos resíduos.

Cada uma destas etapas deve estar registrada para comprovar que o descarte dos resíduos químicos gerados em uma atividade foi efetuado de maneira correta. Neste guia apresentaremos a seguir as recomendações e alguns modelos para auxiliar cada unidade na elaboração do seu programa de gerenciamento de resíduos. É importante ressaltar que os itens apresentados são adaptações e consideram as situações mais comuns encontradas em laboratórios.

Para a execução de cada atividade, tanto na etapa de implantação como na etapa de rotina de gestão de resíduos, um ponto crítico é a segurança das atividades de laboratório que são executadas. Devemos ter em mente que a manipulação de produtos químicos pressupõe etapas de segurança e postura do profissional durante a atuação no laboratório. Quando se trata de resíduos este cuidados devem ser redobrados.

6.2. INVENTÁRIO DE RESÍDUOS

Para entender o tema, é necessário apresentar alguns conceitos básicos importantes para o entendimento do assunto. Dentre estes está a classificação dos resíduos entre ativos ou passivos:

- **Resíduos ativos** são aqueles gerados continuamente a partir de atividades rotineiras realizadas no laboratório em questão, portanto, são aqueles produzidos em maior quantidade e alvo dos programas de gerenciamento de resíduos.

- **Resíduos passivos** são definidos pelos materiais estocados ou não classificados, normalmente são frascos sem identificação contendo reagentes novos ou ainda íntegros, que necessitam apenas de simples testes para sua caracterização. (JARDIM, 1998).

No gerenciamento dos resíduos, os dados levantados através dos inventários devem ser analisados e tratados conforme os seus riscos correlacionados ao meio ambiente e seu potencial de minimização.

Neste guia foi proposta a separação dos resíduos quanto ao risco químico, classificando-os como Classe I (resíduos perigosos) e Classe II (não-inertes), de acordo com a norma (NBR 10004, 2004).

A organização de geração de resíduos deve se tornar parte da rotina de trabalho dos usuários. Outro ponto importante que faz parte desta metodologia é a devida rotulagem de todo reagente usado no laboratório, com a identificação do produto, prazo de validade, modo de estocagem e o nome do responsável pelo produto, conforme apresentado no item 5 deste guia.

Visando a elaboração de um inventário de resíduos, uma etapa inicial é a separação de acordo com a classe de resíduos identificados. Para esta identificação, uma das formas utilizadas é a separação em classe de resíduos, perigosos e não perigosos, seguida de uma segunda etapa, que poderá ser a separação em resíduos líquidos e sólidos, e assim outras etapas podem ser definidas (Cunha, 2001).

Na Figura 12 apresentamos um modelo utilizado para a classificação dos resíduos, e no Anexo 01- Inventário de Risco, apresentamos um modelo de inventário de resíduos.

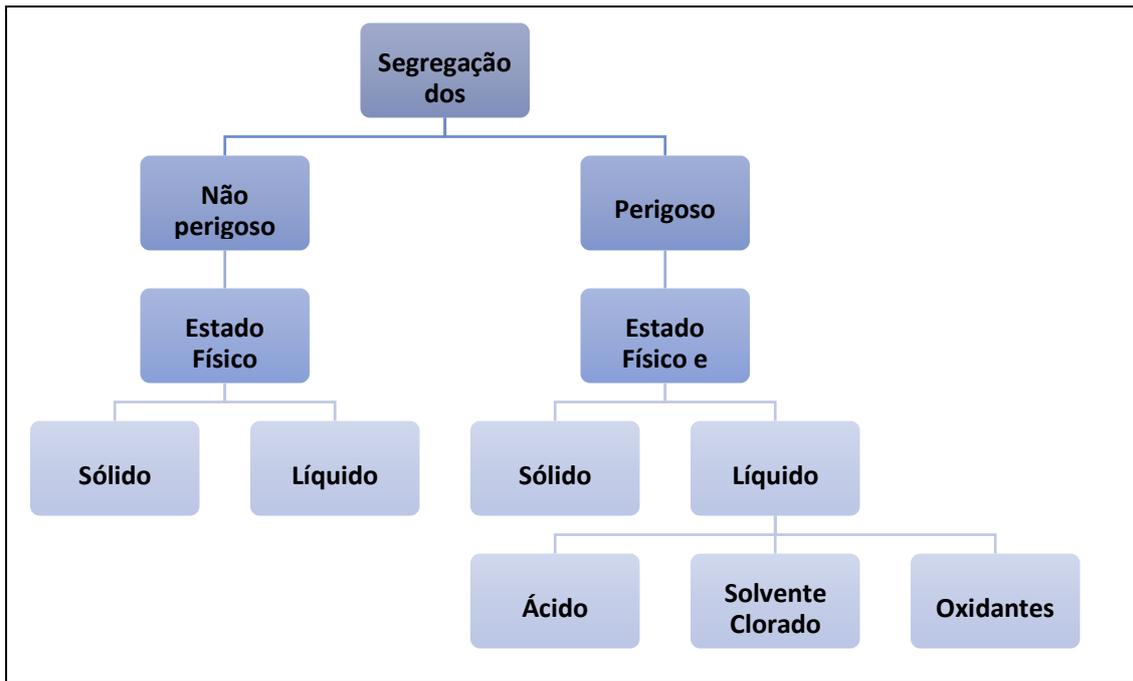


Figura 12 - FLUXOGRAMA DE SEGREGAÇÃO DE RESÍDUOS POR CLASSE E PROPRIEDADES QUÍMICAS – FONTE: DO AUTOR

A separação em classe dos resíduos é uma ferramenta que nos auxilia na definição das destinações e tratamento dos resíduos, além de fornecer os requisitos para definição de condições do abrigo de resíduos necessários para uma organização adequada.

7. TÉCNICAS ANALÍTICAS CONVENCIONAIS

A química analítica é uma subdivisão da química em que o foco principal são os ensaios químicos para fins qualitativos ou quantitativos, tornando possível a caracterização da matéria.

As determinações das propriedades químicas podem ser feitas por via úmida ou instrumental. Os métodos de via úmida são comumente conhecidos como métodos clássicos. Os métodos clássicos têm a vantagem de empregarem equipamentos e vidrarias de fácil aquisição, de custo mais baixo quando comparados aos instrumentais e ainda ser amplamente aplicados às macroanálises.

Os métodos clássicos se subdividem basicamente em gravimétricos e titulométricos [OHLWEILER, 1985]. Os gravimétricos baseiam-se na determinação da massa de uma substância estável do analito. Já os titulométricos (também conhecidos como volumétricos) baseiam-se na determinação da concentração do analito obtida através da titulação.

7.1. GRAVIMETRIA

Nas análises gravimétricas, o analito, ou o seu composto estável de composição química conhecida, é pesado após a execução de uma série de etapas que visam o seu isolamento e estabilização química. A massa do elemento, ou de seu composto, pode ser calculada a partir da fórmula química das massas atômicas dos elementos que constituem o composto pesado. É fundamental que toda a estequiometria do processo seja bem conhecida.

Os tipos de gravimetria possíveis são:

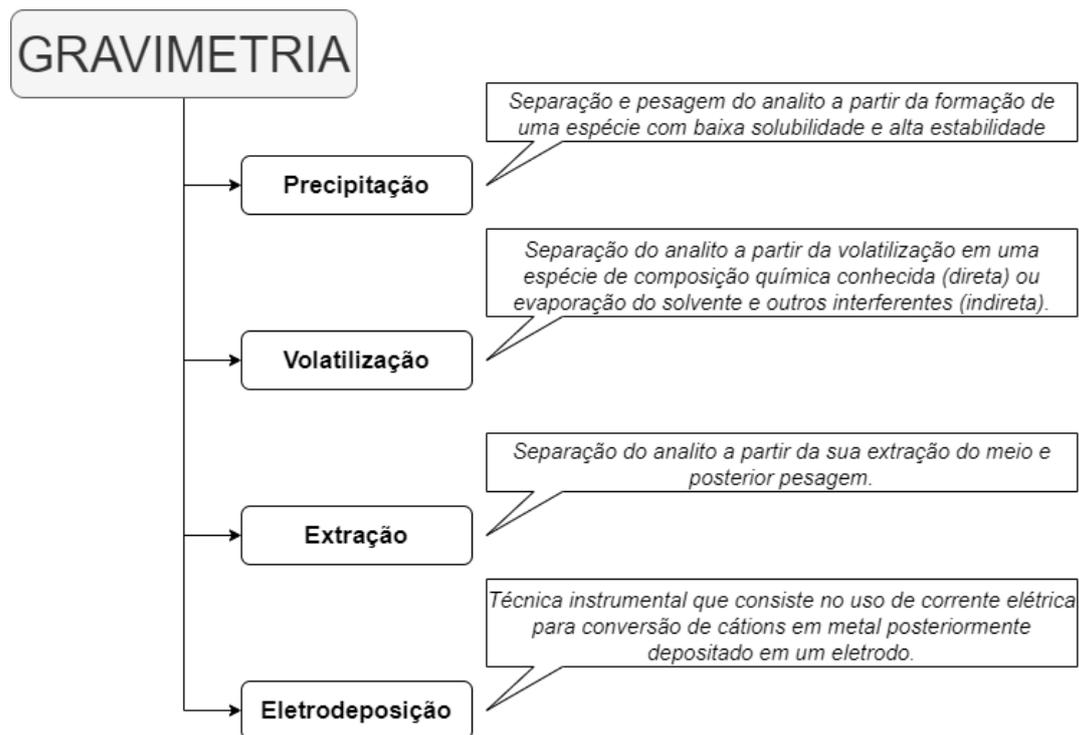


Figura 13 - TIPOS DE GRAVIMETRIA - FONTE: AUTORES

A gravimetria é um método comumente aplicado em análises mineralógicas, uma vez que é uma técnica absoluta independente de padrões e não requer curvas analíticas, além de ser necessária apenas uma balança analítica de precisão como instrumento de medida. Além disto, as fontes de erro são mais facilmente identificadas. Como principais desvantagens têm-se o tempo de execução das análises e a necessidade de um analista experiente.

O método gravimétrico mais comumente empregado é a gravimetria por precipitação, que engloba as seguintes etapas: 1) preparo da solução, 2) precipitação, 3) digestão, 4) filtração, 5) lavagem, 6) secagem ou calcinação e, finalmente, 7) pesagem. É óbvio que o preparo da amostra deve garantir a representatividade da amostra e o analito deve estar presente na solução a ser tratada [Baccan e col, 2001].

O sucesso da análise gravimétrica baseia-se no uso de um reagente capaz de precipitar o analito na forma de uma substância pouco solúvel. Nas etapas de precipitação e digestão almeja-se a separação do analito da sua matriz original. Separação esta conseguida com a execução das etapas 4 e 5. Nestas etapas são também eliminadas as possíveis interferências ou contaminantes. A etapa de calcinação tem por objetivo garantir que o composto a ser pesado seja estável estequiometricamente falando,

lembrando-se que esta etapa deve ser realizada até se ter um peso constante. Como exemplo deste método podemos citar a determinação de cálcio em amostras de águas naturais, em que um excesso de ácido oxálico é adicionado a um volume conhecido de amostra e, em seguida, adiciona-se hidróxido de amônio. O precipitado obtido é filtrado, seco, calcinado e pesado.

No método por volatilização é possível obter o teor do analito por determinação direta ou indireta. Como exemplo de determinação direta pode citar-se a determinação de sólidos suspensos em água, onde a determinação é obtida por diferença de massa entre o conjunto amostra e filtro úmido e seco. Já na determinação indireta, o teor do analito é obtido pelo seu desaparecimento, como no caso da determinação do teor de água em alimentos, onde o resultado é a diferença de massa entre o alimento seco e úmido.

A eletrogravimetria é um método raramente utilizado, pois requer o uso de eletrodos de platina, o que encarece muito a análise. Neste método, o precipitado é depositado sobre o eletrodo de platina e a diferença de massa do eletrodo é proporcional à quantidade do analito [Giolito, 1969].

7.2. TITRIMETRIA, VOLUMETRIA OU TITULOMETRIA

A titulação é um método em que a quantidade de uma substância específica (analito) contida em uma amostra é determinada através da reação completa quando da adição controlada do reagente (titulante) de concentração conhecida. Para a realização desta análise são necessários aparatos de baixo custo e fácil aquisição, como bureta, Erlenmeyer e agitador.

Vários pré-requisitos têm que ser preenchidos para ser viável a determinação por titulometria, dentre eles: 1) uma reação adequada e de estequiometria definida entre o analito e o titulante; 2) tanto a concentração do titulante como seu volume gasto devem ser precisos e exatos, e 3) o ponto de equivalência deve ser facilmente detectado.

Para uma reação ser considerada adequada a fins titulométricos é importante que seja:

- Seletiva, ou seja, o titulante deve reagir apenas com o analito;
- Rápida, de modo que a reação entre o titulante e o analito ocorra no momento exato da adição de um ao outro.
- Completa, de modo que o equilíbrio seja alcançado no momento da finalização da reação, ou seja, no consumo total do analito;
- De estequiometria bem conhecida e estabelecida entre titulante e analito.

Sobre o titulante, é importante destacar que sua concentração exata deve ser conhecida previamente à análise e, na maioria dos casos, é necessária uma titulação prévia com padrões primários, haja vista que a maioria dos titulantes não possibilita o conhecimento preciso de sua concentração apenas após a pesagem e diluição.

Os padrões primários são reagentes com propriedades específicas:

- 1) devem ter pureza elevada;
- 2) ser de fácil obtenção e conservação;
- 3) ser estáveis em atmosfera ambiente;
- 4) não devem ser higroscópicos; e
- 5) devem ser bastante solúveis [Skoog e col, 2006].

Assim, por exemplo, o hidróxido de sódio só pode ser usado na determinação da acidez do vinagre após sua concentração exata ser determinada através da titulação com o hidrogênio ftalato de potássio, pois este é um padrão primário. Tal procedimento é conhecido como fatoração (ou padronização) do titulante.

A determinação precisa do volume do titulante gasto até o ponto de equivalência é um aspecto importantíssimo na titulação. Idealmente, devem ser adicionados micro volumes do titulante; então, a torneira da bureta deve permitir o seu gotejamento, e as graduações da bureta devem permitir leituras precisas. É importante ressaltar que o analista deve posicionar a bureta de forma que no momento da leitura do volume não haja erros de paralaxe.

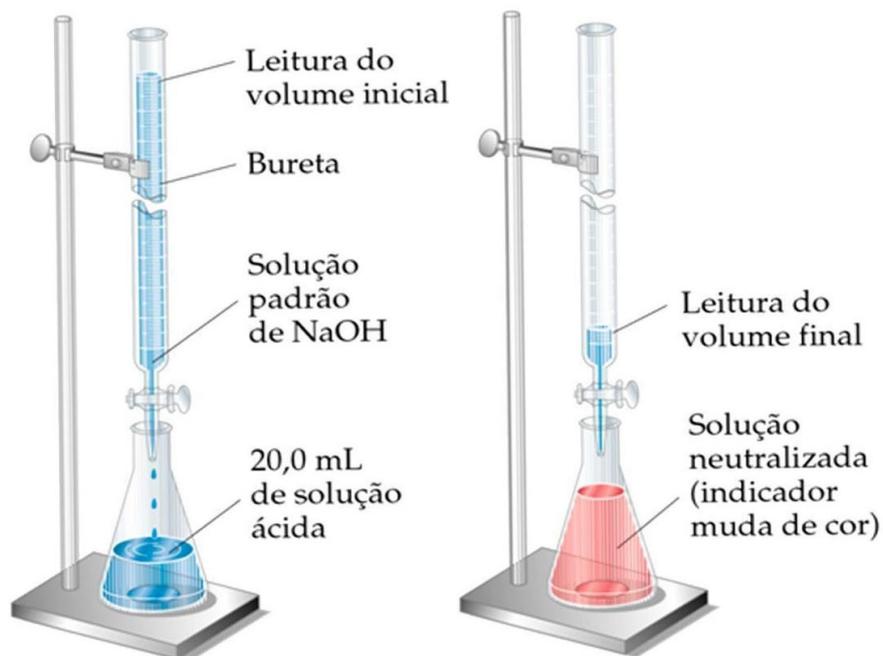


Figura 14 - ESQUEMA BÁSICO DE UM SISTEMA DE TITULAÇÃO MANUAL. FONTE: AUTORES

O ponto de equivalência da curva de titulação é detectado visualmente ou por meio eletroquímicos, com eletrodos. Na detecção visual é empregado um indicador de cor. O ponto de equivalência é atingido quando todo o analito tiver reagido com o titulante. O indicador deve responder imediatamente às mudanças nas propriedades físico-químicas de interesse. Um exemplo clássico de indicador é a fenolftaleína, que é incolor em meio ácido e rosa em meio básico. Portanto, na titulação de ácido acético com hidróxido de sódio, ao se usar a fenolftaleína, observa-se uma leve coloração rósea no ponto final. Graficamente a curva de titulação tem aparência sigmoide e o ponto de equivalência é o ponto de inflexão da curva.

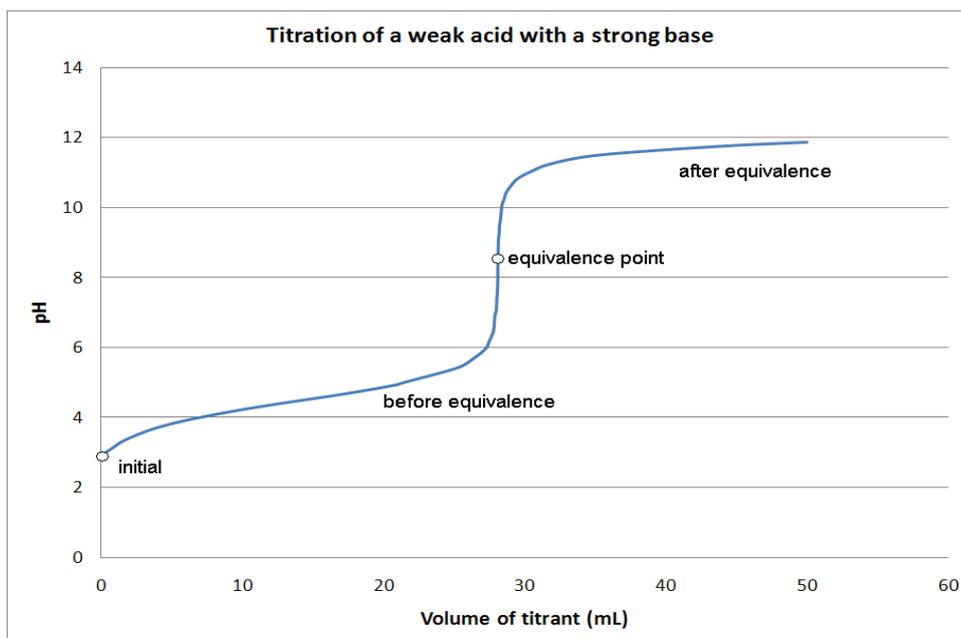


Figura 15 - EXEMPLO DE CURVA DE TITULAÇÃO. FONTE: WIKIMEDIA COMONS

Existem duas estratégias que podem ser usadas na titulação: a titulação direta e a indireta (ou de retorno) [Harris, 2010]. Na titulação direta, o analito reage diretamente com o titulante. E a concentração do analito é calculada através do consumo do titulante no ponto final, empregando-se a fórmula a seguir:

$$C_a = \frac{C_t \cdot V_t}{V_a}$$

Onde:

C_a = concentração do analito

C_t = concentração do titulante

V_t = volume gasto do titulante

V_a = volume da alíquota que contém o analito.

Em algumas titulações pode acontecer que o próprio solvente também reaja com o titulante. A quantidade de titulante usada para o solvente é chamada de branco. O branco deve ser compensado para obter o resultado correto. Para determinar o valor do branco deve ser realizada uma titulação do solvente sem qualquer amostra. O branco é

o volume do titulante usado até que a equivalência ou ponto final seja alcançado. Para uma titulação em que é utilizado um valor em branco, tome cuidado para usar sempre o mesmo volume de solvente.

Na titulação indireta (de retorno ou de retrocesso) são usados dois titulantes. Um de concentração conhecida é adicionado à amostra e vai reagir com o analito, e seu excesso será determinado com o auxílio do segundo titulante, também de concentração conhecida. Este tipo de estratégia é empregada quando a reação com o primeiro titulante é lenta. O teor do analito é obtido através da diferença entre os volumes gastos.

Como já mencionado anteriormente, a reação do titulante deve ter características específicas.—Basicamente há quatro tipos de reações que atendem às demandas supracitadas. São elas:

- **Ácido/base:** um ácido é titulado com uma base, ou vice-versa. Se o titulante é ácido, o analito é base, ou vice-versa.
- **Precipitação:** o analito e o titulante reagem, formando um precipitado. Normalmente emprega-se o nitrato de prata como titulante pois há a formação de compostos insolúveis, como o cloreto de prata. Este tipo de reação também é conhecido como argentometria.
- **Óxido-redução:** a reação entre analito e titulante promove mudanças nos estados de oxidação e há transferência de elétrons. Um tipo específico de reação redox para a determinação do teor de água é conhecido como método Karl-Fisher [Mendham e col, 2002].
- **Complexação:** a reação do titulante com o analito forma um complexo.

Na tabela 4 estão sumarizadas as situações em que se aplica cada uma das reações mencionadas.

A titulação convencional usa indicadores que são sensíveis às pequenas alterações nas propriedades físico-químicas do sistema analito-titulante. No entanto, estas alterações nem sempre são facilmente observadas pelos analistas e isto causa erros nas análises. Além disto, durante a titulação, muitas vezes o analista fica mais exposto a reagentes de toxicidade considerável, como na determinação de água por Karl Fisher. Diante disto, em muitas situações, é recomendado o uso de titulador automático, que adiciona o titulante automaticamente enquanto mede o sinal com um sensor (indicador potenciométrico/Eletrodo). Nenhuma interação do analista é necessária para a visualização do ponto de equivalência.

Tabela 4 - REAÇÕES E TITULAÇÃO – FONTE: AUTORES

Analito	Titulante	Indicador Visual (de cor)	Indicador Potenciométrico (Eletrodo)
Ácido ou base fraco ou forte	Solução de Ácido ou Base Forte	Corante Dependente de pH	Eletrodo de pH
Íons que formam sais pouco solúveis como cloretos, tiocianato e cianeto	Solução de AgNO_3	Dicromato de Potássio para titulações manuais	Eletrodo de anel de Prata
Agentes redutores e oxidantes como: nitrito, ferro, dióxido de enxofre	Agentes oxidantes e redutores como: iodeto, dicromato de potássio	Mudança de cor devido ao titulante colorido, solução de amido (para iodo)	Eletrodo de Platina
Água	Reagente contém iodo, dióxido de enxofre e uma base dissolvida em metanol	n/a	Eletrodo de platina polarizado de pino duplo (voltametria)
Íons metálicos com carga superior a 1; cálcio, magnésio, zinco	Ligantes que formam complexos como EDTA	Indicadores (também ligantes) que mudam de cor se não estiverem ligados ao analito, exemplos: Murexide, Eriochrome Black T	Eletrodo de íon seletivo ou Sensor Fotométrico com indicador de cor

Os benefícios dos tituladores automáticos incluem: resultados exatos e precisos; possibilidade de adição controlada de titulante (inferiores a 0,001 mL), principalmente próximos ao ponto de equivalência; reprodutibilidade elevada por não ser necessária nenhuma interação do analista; e contato mínimo do analista com os reagentes químicos.

A determinação do teor de surfactantes em produtos químicos puros, o teor de vitamina C em sucos de frutas, a concentração de água em excipientes ativos usados na indústria farmacêutica e a quantidade de mercaptanas sulfuradas em óleos têm em comum o método analítico empregado, ou seja, a análise titulométrica. As diversas áreas do conhecimento, como farmacêutica, petroquímica, ambiental, suprimentos químicos, produtos alimentícios e de galvanoplastia têm procedimentos cujo teor do analito é determinado via titulação.

8. TÉCNICAS ANALÍTICAS INSTRUMENTAIS

As técnicas analíticas instrumentais são usadas na identificação e/ou quantificação de parâmetros físico-químicos de uma ampla variedade de materiais.

Mas, afinal, o que são técnicas analíticas instrumentais? São técnicas que utilizam equipamentos capazes de realizar ensaios qualitativos e/ou quantitativos nas amostras de interesse (Settle, 1997). Toda a técnica analítica instrumental é composta por um sistema de introdução da amostra, um sistema de separação da propriedade de interesse e o sistema de detecção propriamente dito.

E quando a técnica analítica instrumental é necessária? Toda vez que se almeja uma maior confiabilidade analítica ou, então, porque os métodos analíticos clássicos não possuem sensibilidade e/ou capacidade de identificar e/ou quantificar os analitos de interesse. A confiabilidade analítica, apesar de ainda depender de inúmeros fatores, tem aumentado expressivamente nas últimas décadas graças aos avanços tecnológicos nos sistemas de detecção e no controle automático do instrumento por meio de uso de softwares e aplicativos (Loconto, 2005). Portanto, as técnicas analíticas instrumentais se tornaram, inclusive, mais robustas, sensíveis e acessíveis. A acessibilidade advém, principalmente, devido à facilidade operacional, à redução no tamanho e no custo.

O objetivo de qualquer análise química é identificar e/ou quantificar os analitos de interesse e, para isto, é necessária que seja empregada alguma propriedade (ou reação) que responda às alterações comportamentais (ou reacionais) do analito. Isto é válido inclusive na química analítica por métodos clássicos, como a gravimetria e titrimetria, também conhecida por volumetria ou titulometria (Skoog et al, 2013).

As técnicas analíticas instrumentais, portanto, se classificam de acordo com o parâmetro sensível às alterações, seja na presença e/ou na quantidade do analito. Assim, tem-se a espectrometria, a cromatografia, a eletroanalítica e as técnicas nucleares (Skoog et al, 2017). Na espectrometria, a propriedade empregada na detecção e/ou quantificação do analito é a interação da radiação com a matéria (Gauglitz e Vo-Dinh, 2003). Na cromatografia, a informação analítica almejada é obtida através da separação dos componentes individuais (Collins et al, 2003). Na eletroanalítica há a movimentação de cargas elétricas causando alterações na valência do elemento e/ou espécie química e, conseqüentemente, a obtenção da propriedade eletroquímica do analito (Scholtz et al, 2010). Por fim, os métodos nucleares baseiam-se na ocorrência de reações nucleares (de ativação, decaimento etc) (Fite et al, 1971). Por questões de segurança radiológica,

as técnicas nucleares são menos comumente encontradas nos laboratórios químicos do país.

É importante ressaltar que, à exceção da Análise por Ativação Nuclear (NAA), que é uma técnica analítica nuclear, nas demais técnicas analíticas instrumentais é sempre fundamental estabelecer-se curvas analíticas de calibração. Estas são obtidas com o auxílio de materiais de referência certificados (MRC), também conhecidos como padrões de calibração. Esta necessidade advém do fato de que apenas a NAA é uma técnica absoluta, ou seja, a informação da amostra desconhecida tem sentido mesmo sem ser comparada com a informação obtida a partir de algo conhecido, como o MRC (Grenberg et al, 2011).

De forma geral, a aplicação de uma técnica de análise instrumental dentro de um método analítico segue um procedimento comum ilustrado na Figura 16.

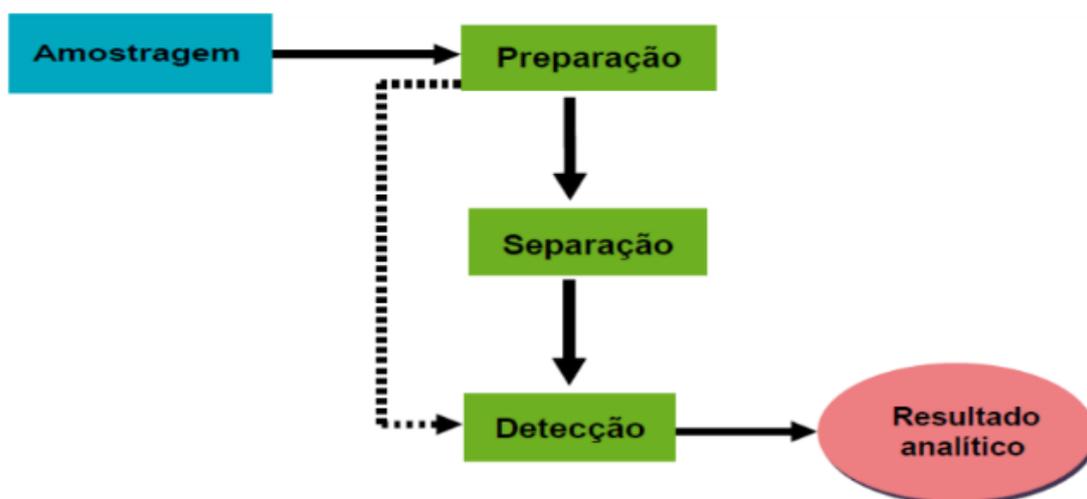


Figura 16 - FLUXOGRAMA PARA APLICAÇÃO DE UMA TÉCNICA DE ANÁLISE INSTRUMENTAL – FONTE: AUTORES

8.1. TÉCNICAS DE SEPARAÇÃO INSTRUMENTAIS

8.1.1. Técnicas Cromatográficas

Um subgrupo de técnicas bastante comuns no laboratório químico é a cromatografia. Este subgrupo baseia-se na interação do analito presente em uma fase móvel com uma fase estacionária. A nomenclatura advém do experimento feito pelo botânico russo Tswett que conseguiu separar, através de diferentes cores, os componentes dos extratos de plantas. Como a separação foi visual por mudança de coloração, a técnica foi nomeada de “escrita da cor” (cromatografia em latim).

Os solutos (analitos) são separados por meio da movimentação contínua de uma fase sobre a outra e a separação ocorre devido às mobilidades distintas causadas por diferenças de adsorção, partição, solubilidade, pressão de vapor, tamanho da molécula ou densidade de carga iônica.

A cromatografia pode ser do tipo preparativa ou analítica, sendo a primeira usada na separação ou pré-concentração de analitos dos interferentes. E, portanto, é uma estratégia de preparo de amostra. Já a analítica pode ser quantitativa ou qualitativa; na quantitativa, a concentração é obtida pela área do pico, e na qualitativa pelo tempo de retenção na fase estacionária.

Existe uma grande variedade de técnicas cromatográficas. Logo, elas podem ser classificadas de acordo com a forma física do suporte (planar ou em coluna, líquida ou gasosa), ou com o mecanismo de separação (adsorção, partição, troca iônica, exclusão molecular, afinidade) ou ainda pela polaridade das fases utilizadas (fase normal onde a fase estacionária é polar, ou fase reversa, em que a fase estacionária é apolar).

A cromatografia de troca iônica é uma das técnicas cromatográficas mais antigas e é bastante comum em laboratórios analíticos, tanto aplicada como técnica preparativa como analítica. Por exemplo, toda vez que se usa a água deionizada, a cromatografia de troca iônica preparativa foi empregada.

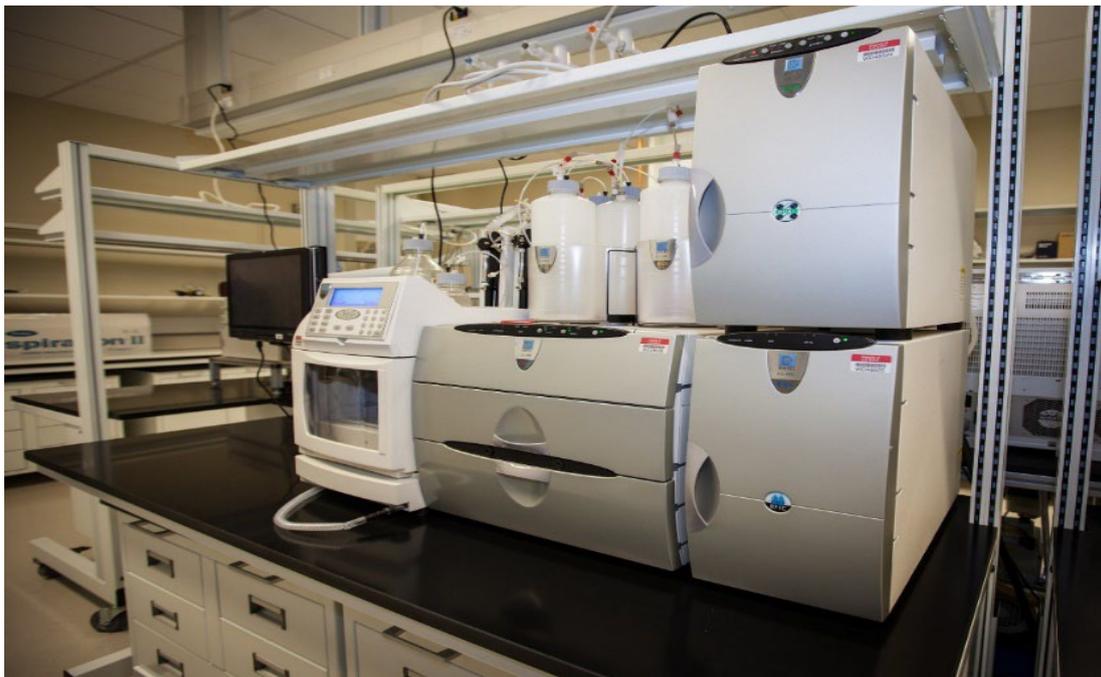


Figura 17 - ILUSTRAÇÃO DE UM SISTEMA CROMATOGRÁFICO. FONTE: AUTORES

8.1.2. Técnicas Eletroquímicas

As técnicas eletroquímicas baseiam-se em processos de oxidação-redução em que as espécies eletroativas do meio oferecem resposta à aplicação de um potencial elétrico para o monitoramento da corrente elétrica ou para a obtenção do valor do potencial do analito em comparação ao potencial de um eletrodo de referência.

Um grupo de técnicas bastante comuns nos laboratórios são as eletroanalíticas. Neste caso, os analitos eletroativos presentes em uma célula eletroquímica respondem a estímulos elétricos, e esta resposta pode ser relacionada à sua concentração. O parâmetro medido é responsável pela classificação da subclasse de técnicas eletroquímicas. Desta forma mede-se: a diferença de carga na potenciometria; a quantidade de carga na coulometria; a resistência na condutometria e a corrente na voltametria. As técnicas eletroanalíticas podem ser usadas de forma direta, em que a propriedade eletroativa do analito é medida “instantaneamente”, ou de forma indireta, quando há o monitoramento da propriedade ao longo do tempo via titulação.

As principais vantagens desse subgrupo de técnicas se concentram em seus baixíssimos limites de detecção, na simplicidade operacional e na alta seletividade (especificidade). E como desvantagens podemos citar um maior consumo de volume de amostras e a dificuldade em se analisar amostras sólidas.

Nos laboratórios químicos são muito comumente empregadas a condutometria e a potenciometria. Sendo a condutometria empregada nos sistemas de purificação de água, para monitorar a qualidade da água produzida. Já a potenciometria é empregada toda vez que a determinação do pH é feito com auxílio instrumental. Lembrando que o uso de pHmetro é requerido toda vez que se necessita de uma medida mais precisa e, portanto, é fundamental atentar-se para os cuidados na preservação e uso dos eletrodos, além de calibrar o equipamento com soluções de referência rastreáveis.

8.1.3. Técnicas Espectroscópicas

Nas técnicas espectroscópicas tem-se a resposta analítica vinda da interação do analito, orgânico ou inorgânico, com a radiação eletromagnética em diferentes comprimentos de onda. Estão divididas em técnicas espectroscópicas atômicas e técnicas espectroscópicas moleculares. As primeiras observam o efeito da absorção da radiação por um determinado átomo. Já as técnicas espectroscópicas moleculares observam o efeito da absorção da radiação por uma determinada molécula ou grupamento químico.

Dentro de cada subgrupo de técnicas analíticas instrumentais há mais do que uma técnica, sendo a espectrometria a subclasse com mais membros, isto por conta da abrangência do espectro de radiação eletromagnética (EREM). Em cada uma destas regiões ocorre um tipo de interação com a matéria. Assim, tem-se: excitação (seja dos elétrons de camadas internas (K e L na região dos raios X, ou de valência); absorção atômica ou molecular e vibrações ou rotações moleculares.

Como temos ao menos um membro para cada região do EREM, logo temos espectrometria de:

- a) Fluorescência de Raios X (XRF).
- b) de absorção molecular (UV-VIS).
- c) rotacional e vibracional (na região do infravermelho com transformada de Fourier (FT-IR) e Raman).
- d) atômica (Absorção Atômica (AAS), Plasma Indutivamente Acoplado (ICPOES) e Espectrometria de massas com Plasma (ICP-MS).
- e) Espectrometria de Massas (MS).
- f) Ressonância Magnética (NMR – Ressonância Magnética Nuclear e EPR – Ressonância Paramagnética Nuclear).
- g) Luminescência Molecular (Fluorimetria e Fosforimetria).

h) Eletrônica e Iônica (XPS - Fotoelétron de Raios X).

Existem ainda outros tipos de espectrometria. A maioria delas é usada para fins quantitativos. Para fins qualitativos usa-se FT-IR, Raman, XPS e DRX (Difração de Raios X) principalmente. É importante notar que as siglas acima não podem ser traduzidas. Assim, a espectrometria de absorção atômica, por exemplo, é AAS e não EAS, isto porque as abreviaturas são definidas pela IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) e são validadas pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

A espectrometria, de um modo geral, apresenta inúmeras vantagens, entre outras, a ampla faixa dinâmica, permitindo identificações ou quantificações em altos e baixos (ou reduzidíssimos) níveis de concentração, a possibilidade de se realizar análises simultâneas e a elevada seletividade. E como principais desvantagens, os custos instrumentais e a necessidade de profissional qualificado na operação e interpretação dos resultados.

Como exemplos das técnicas espectrométricas comumente encontradas nos laboratórios químicos analíticos de qualidade podemos citar a identificação (análise qualitativa) de componentes de um fármaco usando-se FT-IR. Inclusive, graças às suas características, esta técnica é capaz de revelar a “impressão digital” dos compostos. Nesta análise, graças a um acessório de reflectância atenuada (ATR), a amostra pode ser analisada praticamente sem qualquer preparo da amostra e o espectro obtido é comparado com bibliotecas espectrais. As análises por FT-IR e Raman podem, inclusive, ser realizadas em campo, graças à portabilidade dos equipamentos, e são, muitas vezes, usadas para monitorar a qualidade das matérias-primas.

Outro exemplo bastante comum em laboratório de controle de qualidade é a colorimetria (UV-Vis). Através da comparação da amostra com padrões de cor se pode comprovar a qualidade da tinta, por exemplo. Neste caso a análise realizada é quantitativa, pois o resultado é obtido após a calibração com materiais de referência certificados.

8.2. ASSOCIAÇÃO DAS TÉCNICAS INSTRUMENTAIS

Frente às novas demandas analíticas, muitas vezes se torna necessário o uso de acoplamento, ou associação, de técnicas analíticas, no intuito de ser factível a determinação dos analitos presentes em baixíssimos níveis de concentração (exemplo: $\mu\text{g}/\text{kg}$).

O acoplamento de técnicas analíticas é identificado através do hífen. Tem-se assim, por exemplo, a espectrometria de massas com plasma (ICP-MS) que usa uma fonte apropriada a análises inorgânicas acoplada a um sistema de detecção (espectrômetro de massas) característico em análises orgânicas. A associação mais comum é feita com técnicas cromatográficas e espectroscópicas, isto porque a técnica cromatográfica permite a separação dos analitos e interferentes em linha, evitando as demoradas separações em bancada. Um exemplo típico deste tipo de associação é a cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS).

É importante ressaltar que as associações das técnicas analíticas possibilitam a quantificação de analitos com propriedades tão características que impossibilitam sua identificação e/ou quantificação por técnicas analíticas instrumentais simples (Mataveli, L. R. V e colaboradores, 2012).

Como existe uma ampla gama de materiais e parâmetros físico-químicos, há igualmente inúmeras opções de técnicas analíticas instrumentais. É importante conhecer bem o material a ser analisado, no intuito de poder escolher a técnica analítica instrumental mais adequada ao objetivo proposto. Pode parecer contraditório, no entanto é imprescindível reunir o maior número de informações possíveis sobre a amostra e somente de posse destas informações é que poderemos definir todas as estratégias a serem adotadas no momento da análise química instrumental. Assim, definem-se as estratégias da sequência analítica, inclusive o preparo das amostras adequado à técnica analítica instrumental a ser adotada, haja vista que somente em raríssimas situações a amostra é analisada sem qualquer preparação prévia.

9. SISTEMA DE GESTÃO EM LABORATÓRIO

9.1. SISTEMA DE GESTÃO

Sistema de gestão é um conjunto de objetivos, políticas e procedimentos que garantem a execução dos processos em uma instituição.

Cada instituição, a depender da sua natureza e seu propósito, escolhe um foco para o sistema de gestão. Por exemplo, instituições que têm um grande impacto ambiental provavelmente vão sentir necessidade ou serem cobradas externamente a implantar um Sistema de Gestão Ambiental. Instituições de grande risco operacional de acidentes provavelmente vão adotar um Sistema de Gestão de Riscos, e assim por diante. Quando uma instituição tem mais de um sistema de gestão, ela pode juntar os objetivos, políticas e procedimentos em um único sistema, afinal algumas coisas são similares entre os sistemas e assim haverá um Sistema de Gestão Integrado.

O Sistema de Gestão mais popular, até porque é o foco comum da grande maioria das instituições, é o da Qualidade de produtos e serviços. Dada a vastidão de tipos de instituições, a noção de qualidade para alguns setores pode divergir de outros. Assim, alguns setores, como hospitais e laboratórios, adotam sistemas específicos de gestão da qualidade que definem, além da noção geral de qualidade, requisitos desses nichos de atuação.

O Sistema de Gestão da Qualidade para Laboratórios geralmente se baseia nas ISO/IEC 17025 (laboratórios de ensaios e calibrações) e ISO/IEC 15189 (laboratórios clínicos).

9.2. PADRONIZAÇÃO DE NORMAS

A Organização Internacional para Padronização, abreviada por ISO (International Organization for Standardization) foi fundada em 1947, impulsionada pelas 2 guerras mundiais, nas quais ficou clara a importância de organização e documentação para que os processos fossem seguidos de maneira padronizada.

No início, a ISO tinha 25 países participantes e em 2025, segundo dados do site da organização, 173 países são associados. As normas de padronização começaram com produtos (normas mais técnicas) e logo englobaram também os serviços (modo de fazer).

Com o decorrer dos anos e com os objetivos de padronização internacional, padrões foram sendo criados, aprimorados e até compilados. Exemplo de compilação é o da ISO 9001, que foi oficialmente publicada em 1987 e que teve como base as normas DIN - Instituto Alemão de Normalização (Deutsche Institut für Normung), fundado em 1917, e as normas BS – Padrões Britânicos (British Standards).

Conjuntamente com os padrões internacionais, também nasce a necessidade de verificar como cada empresa/instituição está implantando esses padrões. Esse é o papel das certificadoras e acreditadoras, conferir por meio de auditorias a real aplicação das normas padrões.

9.3. CERTIFICAÇÃO E ACREDITAÇÃO

A diferença entre certificação e a acreditação está no aprofundamento das questões de capacidade técnica.

Ambas têm processos similares para obtenção: a instituição implanta um sistema de gestão (documentos, mapas de processos) e se submete à avaliação da certificadora ou acreditadora por meio de auditorias.

As Certificadoras são organismos acreditados pelo INMETRO (sendo a divisão responsável pela acreditação a CGCRE) que lhe confere a competência de certificar outros organismos dentro da acreditação que lhe foi definida. No Brasil as certificações de norma ISO, como 9001, 14001 são realizadas por certificadoras acreditadas.

Já a acreditação é o reconhecimento formal da competência dos Organismos de Avaliação da Conformidade (OAC) para atenderem requisitos previamente definidos para realizar suas atividades. Quando falamos da norma ISO/IEC 17025 o INMETRO é o único organismo de acreditação reconhecido pelo Governo Brasileiro.

Acontece que normas e seus requisitos geralmente não descrevem o COMO fazer, eles trazem O QUE deve ser feito, e cada instituição vai aplicar o requisito conforme suas políticas e objetivos. Exemplo: Retroalimentação de Clientes. Cada instituição pode fazer de uma determinada maneira (caixa de pesquisa, ligação telefônica, link no WhatsApp, central de atendimento, ouvidorias etc.) Durante a avaliação, cabe à equipe auditora julgar se o requisito está sendo cumprido.

Na certificação, a instituição tem maior margem para variar o COMO fazer, afinal não há muito aprofundamento técnico. Já na acreditação, o COMO fazer a parte técnica deve ser similar às outras instituições que também são acreditadas. E na auditoria de acreditação, a equipe auditora vai olhar requisitos de gestão (que são auditados, como

na certificação, com maior margem de como fazer) e requisitos técnicos (que devem ser feitos de maneira tecnicamente padronizada).

Um exemplo que une acreditação e certificação é a produção de uma cadeira de bebê.

Uma instituição pode ser certificada para produzir uma cadeira de bebê. Na auditoria serão analisados itens como treinamento de pessoal, atendimento a clientes, segurança da informação, gestão de documentos. Já os ensaios técnicos da cadeira de bebê (Impacto; Resistência à Corrosão; Inflamabilidade; Toxicidade) devem ser feitos por uma instituição (laboratório) acreditada nesses ensaios.

A empresa e o produto podem ser certificados, mas os testes técnicos serão realizados em laboratório acreditado. A empresa pode ter um laboratório acreditado em suas instalações ou contratar um laboratório acreditado. Isso vai depender do volume de trabalho e de regulações do setor. Alguns setores exigem, por questões de imparcialidade, que os ensaios técnicos sejam feitos por laboratórios terceiros.

9.3.1. Acreditação pela ISO/IEC 17025

A mais conhecida norma de acreditação para laboratórios é a ISO/IEC 17025. A versão vigente atualmente foi publicada em dezembro de 2017. Em sua introdução já é dito que o sistema da ISO/IEC 17025 é compatível com a ISO 9001, isto é, a parte de gestão da 9001 está contida na 17025:

“Laboratórios que estejam em conformidade com este documento também operarão, de modo geral, de acordo com os princípios da ABNT NBR ISO 9001.”
(ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017).

Assim, um laboratório que seguir a 17025 pode solicitar a acreditação pela Cgcre (Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro) assim como pode solicitar a uma certificadora que a avalie para ter a 9001. Apesar de ser compatível, a certificação não é automática. O laboratório deve contratar uma certificadora se quiser ter o selo da ISO 9001.

No Brasil, a única entidade com poder de conceder acreditação pela ISO/IEC 17025 é a Cgcre.

9.4. ITENS DA NORMA ISO/IEC 17025

A seguir serão comentados os itens macro da ISO/IEC 17025:2017. Sugere-se ter em mãos a norma que pode ser adquirida no site da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Os comentários a seguir têm o intuito de elucidar a importância de cada item, e de maneira alguma substituem a leitura da norma original.

9.4.1. Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração

Aqui se nota a abrangência da norma e o porquê as pessoas têm dificuldade com sua implantação. Ela serve para todos os tipos de laboratórios, de tinta de impressora à anemia em cavalos, de ensaio de metais em análise de água à calibração de paquímetros. E essa amplitude de aplicações vai demandar outras normas técnicas complementares, como referências de métodos específicos.

Devido à variedade dos laboratórios, o aprofundamento nos mecanismos da qualidade vai depender da área de atuação e situação no mercado. Um laboratório de exame antidoping, por exemplo, provavelmente vai ter mecanismos mais severos de controle de entrada do que um laboratório de análise de alimentos.

Item 1 – Escopo

Uma importante informação é que a ISO/IEC 17025 pode ser aplicada a todos os tamanhos de laboratório. Essa dúvida é muito comum em laboratórios pequenos, de 2 ou 3 pessoas, e já é esclarecida nesse primeiro item: a norma pode ser implantada em todos os laboratórios.

“Este documento é aplicável a todas as organizações que realizam atividades de laboratório, independentemente do número de pessoas.” (ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017).

Item 2 – Referências normativas

Neste item são encontrados outros 2 documentos importantes para a boa compreensão e implantação da 17025, a ABNT ISO/IEC Guia 99 (Vocabulário Internacional de Metrologia – Conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM)) e a ABNT NBR ISO/IEC 17000 (Avaliação da conformidade – Vocabulário e princípios gerais).

Item 3 – Termos e definições

Aqui são colocados 9 termos em destaque para melhor entendimento dos conceitos, assim como é reforçado o uso do VIM e disponibilizados 2 endereços para consulta dos termos:

- ISO Online browsing platform: disponível em <http://www.iso.org/obp>.
- IEC Electropedia: disponível em <http://www.electropedia.org>.

Item 4 – Requisitos gerais

Imparcialidade e Confidencialidade são tratadas no item 4. Como requisito geral de qualquer laboratório, ser imparcial nas atividades e manter confidencialidade sobre os resultados é considerado primordial. Cada instituição ainda pode adicionar outros valores e condutas ao seu sistema de gestão, como Segurança, Respeito, Diversidade. Mas todos os laboratórios devem ter ao menos premissas de imparcialidade e confidencialidade. Como a maioria das normas, a 17025 não vai dizer como fazer, cabe a cada laboratório definir mecanismos que garantam esses requisitos.

Item 5 – Requisitos de estrutura

Entende-se por estrutura nesse item a parte de constituição legal e empresarial do laboratório. Sua posição na sociedade (ou seja, a relação entre agências reguladoras e clientes) será abordada como uma visão externa e as relações de organogramas e autoridades serão abordadas como uma visão interna.

A parte de estrutura física é contemplada no item 6.3 de Instalações e condições ambientais, e as pessoas como indivíduos são contemplados no item 6.2.

Item 6 – Requisitos de recursos

Neste item estão os requisitos de tudo que pode ser comprado ou contratado pelo laboratório. Como se trata de um item de constante atualização, pois o laboratório rotineiramente está comprando ou contratando recursos para operar suas atividades, aqui são exigidos procedimentos e registros para demonstrar a operação consistente das atividades.

São vistos como recursos o Pessoal (6.2), as Instalações (6.3), os Equipamentos (6.4) (incluídos dispositivos, vidrarias, reagentes, padrões), a Rastreabilidade Metrológica (6.5), que é adquirida através de calibrações e padrões certificados, e outros Produtos e serviços providos externamente (6.6) que sejam de apoio para as operações do laboratório. As regras do item 6.6, como ter procedimentos e manter os registros das compras, se aplicam aos outros itens anteriores como a aquisição de equipamentos e contratação de serviços de calibração.

Item 7 – Requisitos de Processos

Assim como o item 6, o item 7 tem sua essência na rotina operacional do laboratório, e por isso serão exigidos muitos procedimentos e registros para a operação ser consistente.

Este item envolve as atividades de Pedidos, propostas e contratos (7.1); Seleção, verificação e/ou validação de métodos (7.2); Amostragem (7.3); Manuseio de itens (7.4); Registros técnicos (7.5); Avaliação da incerteza de medição (7.6); Garantia da validade dos resultados (7.7); Relato de Resultados (7.8); Reclamações (7.9); Trabalho não-conforme (7.10); Controle de dados e gestão da informação (7.11).

Item 8 – Requisitos do Sistema de Gestão

No item 8 fica ainda mais clara a diferença entre certificação e acreditação, explicada anteriormente. Os requisitos do item 8 estão presentes na maioria das normas e têm maior margem de como fazer, típico das certificações. Não são exigidos procedimentos nesse item, o laboratório só deve mostrar que foi feito e que a maneira escolhida permite o bom funcionamento das atividades.

O item 8.3, por exemplo, trata de Controle de Documentos. Não há uma única maneira de fazer, e é comum que cada instituição crie regras próprias de como nomear e gerenciar seus documentos. Essa liberdade é bem mais restrita no item 7, que lista poucas maneiras de se fazer calibração de balança ou ensaio de pH, definindo que atividades assim sejam feitas de acordo com procedimentos técnicos, típicos de acreditações.

O item 8 contempla os itens:

- 8.1 Opções (trata da opção de fazer o sistema 17025 integrado ou não com a ISO 9001).

- 8.2 Documentação do sistema de gestão.
- 8.3 Controle de documentos do sistema de gestão.
- 8.4 Controle de registros.
- 8.5 Ações para abordar riscos e oportunidades.
- 8.6 Melhoria.
- 8.7 Ações corretivas.
- 8.8 Auditorias internas.
- 8.9 Análises críticas pela gerência.

Dessa maneira, os requisitos do item 8 exigem da instituição uma maturidade no sistema de gestão, uma vez que trazem a essência da melhoria contínua através da execução, monitoramento e avaliação das ações.

9.5. DÚVIDAS COMUNS SOBRE A IMPLANTAÇÃO E ACREDITAÇÃO DA ISSO/IEC 17025

1. A ISO/IEC 17025 é obrigatória para todos os laboratórios?

Não. Na escala hierárquica jurídica as normas não têm força de legislação. Tanto que para abrir um laboratório não há qualquer exigência de se ter a ISO 17025. Acontece que alguns setores possuem leis, decretos, resoluções, portarias que, esses sim com força legislativa, podem cobrar a implantação da 17025 ou até mesmo a acreditação (só feita pela Cgcre).

2. Quais as vantagens de se implantar um sistema de gestão 17025?

A principal vantagem é a confiança nos resultados. Conforme consta no Escopo da norma 17025, a implantação da norma visa a “competência, imparcialidade e operação consistente de laboratórios”. Devidamente implantada, o resultado é confiável e independe de quando ou quem realizou o ensaio ou a calibração.

3. Preciso seguir a norma para todos os ensaios ou calibrações que realizo?

Não. O laboratório pode escolher um conjunto menor de ensaios e calibrações para submeter à avaliação da Cgcre. É comum que os laboratórios iniciem com alguns ensaios ou calibrações e aumentem gradativamente o escopo de acreditação com o passar dos anos.

4. Quanto custa implantar a norma 17025?

Os custos da acreditação variam muito, e não há como responder a essa pergunta de forma objetiva. Para se fazer uma estimativa, além dos gastos comuns a laboratórios sem sistema de gestão, o laboratório que vai buscar a 17025 pode considerar 5 grandes vertentes de custos:

- Conhecimento – podem ser necessárias contratações de cursos, consultoria e assessoria laboratorial para que as pessoas consigam desempenhar os métodos e implantar a norma.
- Adaptações físicas – podem ser necessárias reformas e compra de novos equipamentos adequados para as atividades pretendidas.
- Rastreabilidade metrológica – vai ser necessária a constante manutenção de padrões e calibrações para garantir que o laboratório esteja produzindo resultados dentro da cadeia de rastreabilidade mundial.
- Auditorias internas – geralmente realizadas anualmente, as auditorias internas podem ser realizadas por pessoal do laboratório (se garantida a imparcialidade) ou podem ser contratadas. Uma auditoria interna contratada não é uma auditoria externa. O termo ‘auditoria externa’ é reservado para entidades de fora do laboratório, como clientes ou certificadoras/acreditadoras.
- Avaliação da Acreditadora – No Brasil, a acreditação é feita exclusivamente pela Cgcre e os preços constam atualmente no documento NIE CGCRE 140.

10. REFERÊNCIAS

1. **ABNT.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 14725: Produtos químicos – Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente – Aspectos gerais do Sistema Globalmente Harmonizado (GHS), classificação, FDS e rotulagem de produtos químicos. Rio de Janeiro, 2023.
2. **ABNT.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 16725: Resíduo químico perigoso — Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente — Ficha com dados de segurança de resíduos (FDSR) e rotulagem. Rio de Janeiro, 2023.
3. **CUNHA, C. J.** O programa de gerenciamento dos resíduos laboratoriais do Depto. de Química da UFPR. Química Nova, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 424–427, 2001.
4. **GIOVANNI, C.** Resíduo químico em instituição de ensino e pesquisa na área da saúde: gestão e monitoramento. Dissertação de Mestrado. São Paulo, 2016.
5. **JARDIM, W.** Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa. Química Nova, v.21, n.5, p. 671-673. São Paulo, 1998.
6. **JARDIM, W. F.** Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios. Instituto de Química – UNICAMP. Disponível em: <http://lqa.igq.unicamp.br/pdf/LivroCap11.PDF>.
7. **MIRANDA, A. M.; COSTA, C. E. da.** Gerenciamento de resíduos: orientações e procedimentos gerais para resíduos químicos provenientes de laboratórios de química – pesquisa da Universidade Federal do Pará. Belém, PA, 2019.
8. **ABNT.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
9. **SITIVESP.** Descarte de resíduos: como a indústria química lida com a sustentabilidade. São Paulo: Sindicato da Indústria de Tintas e Vernizes do Estado de São Paulo, 2023. Disponível em: https://www.sitivesp.org.br/sitivesp1/informativos/ambiental/fevereiro2015/reportagem_especial.htm. Acesso em: 08 abr. 2025.
10. **STIIRMER, J. C. et al.** Descarte de resíduos químicos em laboratórios: uma discussão. V CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, Belo Horizonte. Anais, 2014, p. 24–27.
11. **UNECE.** United Nations Economic Commission for Europe. Disponível em: <https://unece.org/transport/dangerous-goods/ghs-rev10-2023>. Acesso em: 08 nov. 2023.
12. **ARANA, L. V.** Princípios químicos da qualidade da água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões. Florianópolis: Editora da UFSC, 1996.

13. **MACHADO, B. C.** Avaliação da qualidade dos efluentes das lagoas de estabilização em série da Estação de Tratamento de Esgoto de Samambaia, DF para o cultivo de tilápia (*Oreochromis niloticus*). 2006. 126 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Brasília, DF.
14. **SKOOG, D. A.; LEARY, J. J.** Princípios de análise instrumental. Saunders College Publishing, 1992.
15. **BRASIL.** Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC nº 222, de 28 de março de 2018. Requisitos de boas práticas de gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde. Disponível em: <https://www.cff.org.br/userfiles/file/RDC%20ANVISA%20N%C2%BA%20222%20DE%2028032018%20REQUISITOS%20DE%20BOAS%20PR%C3%81TICAS%20DE%20GERENCIAMENTO%20DOS%20RES%20C3%84DUOS%20DE%20SERVI%C3%87OS%20DE%20SA%C3%94DE.pdf>
16. **ALVIN, Tatiana Furtado; AMORIM, Rodrigo Lucius de.** O sistema globalmente harmonizado de classificação e rotulagem de substâncias químicas – GHS e a legislação brasileira de transporte terrestre de produtos perigosos. Revista ANTT. Disponível em: http://appeantt.antt.gov.br/index.php/content/view/15055/O_SISTEMA_GLOBALMENTE_HARMONIZADO_DE_CLASSIFICACAO_E_ROTULAGEM_DE_SUBSTANCIAS_QUIMICAS_GHS_E_A_LEGISLACAO_BRASILEIRA_DE_TRANSPORTE_TERRESTRE_DE_PRODUTOS_PERIGOSOS.html. Acesso em: 19 dez. 2021.
17. **ABNT.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10004: Resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 77 p.
18. **ABNT.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7500: Identificação para o transporte terrestre, manuseio, movimentação e armazenamento de produtos. Rio de Janeiro: ABNT, 2021. 168 p.
19. **CONAMA.** Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Conama nº 275. Estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva. Brasília: CONAMA, 25 abr. 2001, 2p.
20. **CONAMA.** Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Conama nº 358. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. Brasília: CONAMA, 29 abr. 2005, 12p.
21. **PENATTI, F. E.; GUIMARÃES, S. L. T.; SILVA, P. M.** Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de análises e pesquisa: o desenvolvimento do sistema em laboratórios da área química. In: WIPIS II – Workshop Internacional de Indicadores de Sustentabilidade, 2008, Rio Claro, SP. Anais p. 106-119, Disponível em:

- <https://scholar.google.com.br/scholar?oi=bibs&cluster=12025468321031733606&btnl=1&hl=pt-BR>. Acesso em 07 ago. 2022
22. **MATRIX SAÚDE**. Sistema de gestão laboratorial. Disponível em: <https://blog.matrixsaude.com/sistema-de-gestao-laboratorial/>.
 23. **PIXEON**. SISTEMA PARA LABORATÓRIO. Disponível em: <https://www.pixeon.com/blog/sistema-para-laboratorio/>.
 24. **AUTOLAC**. Benefícios dos sistemas para laboratórios de análises clínicas. Disponível em: <https://autolac.com.br/blog/beneficios-dos-sistemas-para-laboratorios-de-analises-clinicas/>.
 25. **OLIVEIRA, Marta Barros Leite de; OLIVEIRA SILVA, Eddiê Aparecida Costa de**. Guia de biossegurança e boas práticas laborais [recurso eletrônico]. Petrolina, PE: HU UNIVASF, 2020. 28 p. Disponível em: <http://www.univasf.edu.br/~tcc/000018/000018f1.pdf>.
 26. **EMBRAPA**. Circular técnica número 75. Campina Grande, PB, set. 2003. Laboratório integrado de química e bioquímica da USP. Disponível em: <http://labiq.iq.usp.br>.
 27. **ESCOLA ENGENHARIA**. Tipos de extintores de incêndio. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/tipos-de-extintores/>. Acesso em: 01 abr. 2024.
 28. **BACCAN, N. et al**. Química analítica quantitativa elementar. 3. ed. São Paulo: Edgar Blucher, 2001.
 29. **GIOLITO, I**. Métodos eletrométricos e eletroanalíticos de análise química. São Paulo: Faculdade de Farmácia e Bioquímica, 1969.
 30. **HARRIS, Daniel C**. Quantitative chemical analysis. 8th ed. New York: W. H. Freeman, 2010.
 31. **OHLWEILLER, O. A**. Química analítica quantitativa. v. 2. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1985.
 32. **MENDHAM, J. et al**. Vogel: análise química quantitativa. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.
 33. **SKOOG, D. A. et al**. Fundamentos de química analítica. 6. ed. São Paulo: Thomson, 2006.
 34. **METROHM**. Monograph: Practical titration.
 35. **ANDRADE, João Carlos de**. Química analítica básica: análise gravimétrica convencional. Revista Chemkeys, v. 4, p. e022004, 2022.
 36. **MATAVELI, Lidiane Raquel Verola et al**. Improving metallomics information related to transgenic and non-transgenic soybean seeds using 2D-HPLC-ICP-MS

- and ESI-MS/MS. *Metallomics*, v. 4, n. 4, p. 373–378, abr. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1039/c2mt00186a>.
37. **F SETTLE, Frank A.** (ed.). *Handbook of instrumental techniques for analytical chemistry*. Prentice Hall PTR, 1997.
 38. **LOCONTO, Paul R.** *Trace environmental quantitative analysis: principles, techniques and applications*. 2nd ed. CRC Press, 2005.
 39. **SKOOG, D. A. et al.** *Fundamentals of analytical chemistry*. 9th ed. Cengage Learning, 2013.
 40. **SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R.** *Principles of instrumental analysis*. São Paulo: Bookman, 2017.
 41. **GAUGLITZ, Guenter; VO-DINH, Tuan.** *Handbook of spectroscopy*. Wiley, 2003.
 42. **COLLINS, Carol H.; BRAGA, Gilberto L.; BONATTO, Perina S.** *Fundamentos de cromatografia*. Campinas: Editora UNICAMP, 2006.
 43. **SCHOLZ, Fritz et al.** *Electroanalytical methods: guide to experiments and applications*. Springer, 2010.
 44. **FITE, L. E. et al.** Nuclear activation analysis. In: *Modern methods of geochemical analysis*. Springer, 1971.
 45. **GREENBERG, R. R.; BODE, P.; FERNANDES, E. A. D.** Neutron activation analysis: a primary method of measurement. *Spectrochimica Acta Part B*, v. 66, p. 193–241, 2011.
 46. **METROHM.** Cromatografia iônica: 940 Professional IC Vario. Disponível em: https://www.metrohm.com/pt_br/produtos/cromatografia-ionica/940-pofessional-ic-vario.html. Acesso em: 06 ago. 2024.
 47. **ASTM.** ASTM E542-22: Gravimetric calibration of laboratory volumetric instruments.
 48. **FERNANDES, Danubia; MARTINS, Elaine Arantes Jardim.** Influência do aquecimento na calibração de balões volumétricos. In: 16° SIICUSP, 2008.
 49. **AKERMAN, Mauro.** Natureza, estrutura e propriedades do vidro. CETEV, nov. 2000.
 50. **NORMAS ABNT.** Menisco de água. Disponível em: https://www.normasabnt.org/menisco-de-agua/#google_vignette. Acesso em: 31 jul. 2024.