

Os Laboratórios de Química ao Longo dos Séculos XVI, XVII, XVIII e XIX

Chemistry Laboratories Throughout the 16th, 17th, 18th and 19th Centuries

Francisco Souto de Sousa Júnior^{a,*} 

^a Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Departamento de Ciências Humanas, CEP 59625-900, Mossoró-RN, Brasil

*E-mail: franciscosouto@ufersa.edu.br

Submissão: 2 de Dezembro de 2024

Aceite: 30 de Maio de 2025

Publicado online: 5 de Junho de 2025

This study analyzes the evolution of chemistry laboratories throughout the 16th, 17th, 18th, and 19th centuries, addressing their transformation from spaces dedicated to alchemy and mystical practices to environments focused on the scientific rigor that characterizes modern chemistry. The problem presented in this study lies in the question: How did chemistry laboratories evolve throughout the 16th, 17th, 18th and 19th centuries, and how did these changes contribute to the establishment of chemistry as an experimental and rigorous science? Initially influenced by alchemical objectives, these laboratories began to incorporate principles of observation and control that underpinned the scientific practices of the following centuries. The 17th century was an important milestone, with the introduction of the scientific method, advocated by figures such as Robert Boyle, which promoted the use of more precise equipment and the systematic organization of laboratories. In the 19th century, the consolidation of laboratories in university education established a new standard of scientific practice, integrating chemistry into the educational system and institutionalizing it as an independent experimental science. It is concluded that chemistry laboratories were fundamental to scientific development, playing an essential role in the transition to modern chemistry and in the advancement of methodologies that fostered experimentation and scientific education. This progress not only allowed the training of new scientists, but also ensured the expansion and popularization of chemical knowledge, establishing foundations that continue to influence current scientific practice.

Keywords: History of science; scientific method; experimental teaching.

1. Introdução

Os laboratórios de química desempenharam um papel fundamental no desenvolvimento das ciências naturais e no avanço do conhecimento científico ao longo dos séculos XVI, XVII, XVIII e XIX. Desde os primórdios da alquimia, no período medieval, até o estabelecimento da química moderna, esses espaços passaram por transformações significativas em termos de estrutura, equipamentos e métodos de trabalho. No século XVI, no contexto renascentista, coexistiam diversas correntes, que nem sempre baseava-se no empirismo como método. Paracelso, por exemplo, combinava a observação prática com misticismo impulsionando o interesse pelo conhecimento empírico e a investigação dos fenômenos naturais, já Andreas Libavius, apesar de manter fundamentos teóricos baseado na alquimia, influenciou as práticas laboratoriais e a abordagem científica. Esses laboratórios, inicialmente voltados para práticas alquímicas, já apontavam para o desenvolvimento de experimentos sistemáticos, que serviriam de base para o crescimento da química como ciência autônoma no século seguinte.¹

Durante o século XVII, com o advento do método científico proposto por pensadores como Francis Bacon e a difusão da experimentação empírica, uma prática, ainda, elitista, restrita a nobres, médicos e eruditos os laboratórios de química começaram a assumir uma estrutura mais organizada e metodológica. Este período foi marcado por importantes avanços na instrumentação e na precisão dos experimentos, e o surgimento de cientistas como Robert Boyle trouxe novos paradigmas para a área, ao propor a experimentação controlada e a sistematização dos resultados. As obras de Boyle não apenas desafiaram os conceitos alquímicos tradicionais, mas também estabeleceram uma nova compreensão das diversas atividades químicas, os laboratórios até então chamados de oficinas, foram definidos como arte química, uma ciência quantitativa e experimental, pavimentando o caminho para a futura revolução química do século XVIII. Nesse contexto, a prática laboratorial se consolidou como um aspecto central da pesquisa científica, e a química se destacou por seu potencial de aplicação prática na medicina, metalurgia e na criação de novos materiais.²

No século XVIII, a química moderna começou a emergir com figuras como Antoine Lavoisier, cujas contribuições transformaram profundamente a metodologia e a organização dos laboratórios. Lavoisier, frequentemente chamado de “pai da química moderna”, em uma concepção popular, no entanto, estudos historiográficos recentes³ apontam que a química moderna surgiu de procedimentos colaborativos envolvendo vários cientistas. Todavia, o trabalho de Lavoisier destacou-se na mudança de paradigma na química, introduzindo a balança de precisão nos experimentos, formalizando o conceito de conservação da massa e promovendo uma abordagem quantitativa rigorosa que se consolidaria nos laboratórios de química. A partir desse período, a prática laboratorial passou a ser vista como essencial para o desenvolvimento científico, contribuindo para a formulação de teorias e leis que moldariam a química moderna. Os laboratórios no século XIX tornaram-se ainda mais sofisticados, acompanhando o progresso tecnológico e a expansão do ensino científico nas universidades. A química passou a ser estudada de forma sistemática, integrando-se a outros ramos das ciências naturais e influenciando áreas como a farmacologia e a engenharia.⁴

A problemática que se apresenta neste estudo reside na questão: Como os laboratórios de química evoluíram ao longo dos séculos XVI, XVII, XVIII e XIX, e de que forma essas mudanças contribuíram para o estabelecimento da química como uma ciência experimental e rigorosa? A resposta a essa questão busca não apenas descrever as mudanças estruturais e tecnológicas nos laboratórios de química, mas também entender o impacto dessas transformações para o desenvolvimento das teorias e práticas químicas modernas, bem como o papel dos laboratórios no avanço do conhecimento científico.^{4,5}

Este estudo tem como objetivo geral analisar o desenvolvimento dos laboratórios de química ao longo dos séculos XVI a XIX e o impacto dessas transformações no desenvolvimento da ciência química. Para isso, foram definidos três objetivos específicos: (i) identificar as principais mudanças estruturais e tecnológicas ocorridas nos laboratórios de química entre os séculos XVI e XIX; (ii) investigar as contribuições dos laboratórios para transição da química como ciência experimental; e (iii) examinar o papel dos laboratórios de química no contexto educacional e científico durante esse período histórico.⁶

A relevância deste estudo está na possibilidade de contribuir para uma compreensão mais ampla e detalhada sobre a importância dos laboratórios de química no contexto histórico, ao oferecer uma análise aprofundada sobre como esses espaços serviram como berço para o desenvolvimento de novas práticas e teorias científicas. Além disso, este estudo busca preencher uma lacuna na literatura atual ao investigar, com enfoque histórico, a progressão das práticas laboratoriais e seus impactos na evolução do conhecimento químico. As contribuições de cientistas, como Lavoisier e Boyle, são comumente destacadas em estudos de história da ciência, mas a análise dos ambientes laboratoriais onde

essas práticas foram desenvolvidas recebe ainda pouca atenção, justificando a importância de uma investigação mais direcionada.⁷

Outro aspecto justificável para a realização deste estudo é o entendimento do papel dos laboratórios de química no ensino e na popularização da ciência, especialmente a partir do século XIX, quando as universidades começaram a integrar formalmente os laboratórios de química como espaços essenciais para a formação de novos cientistas. Com a ascensão da química como disciplina autônoma, os laboratórios se tornaram não apenas locais de pesquisa, mas também espaços de aprendizado e experimentação para estudantes. Compreender essa transformação é fundamental para valorizar a evolução histórica dos métodos e técnicas de ensino da química e para refletir sobre os modelos atuais de ensino e prática científica em laboratório.⁸

2. Metodologia

Este estudo empregou uma metodologia de revisão bibliográfica narrativa, cujo objetivo é proporcionar uma compreensão abrangente e detalhada sobre a evolução dos laboratórios de química ao longo dos séculos XVI, XVII, XVIII e XIX, a partir de uma análise crítica e contextualizada de estudos relevantes publicados na última década. A revisão narrativa é amplamente utilizada em pesquisas de caráter exploratório, especialmente em áreas onde a análise histórica e contextual se mostra fundamental para o entendimento dos avanços científicos e tecnológicos. Segundo Sampaio e Mancini⁹, esse tipo de revisão permite identificar padrões, destacar lacunas e construir uma base sólida de conhecimento teórico, sem restrições rígidas de métodos sistemáticos, o que é adequado para temas históricos e de ampla abrangência, apesar de apresentar limitações por privilegiar alguns cientistas e regiões. Para garantir a consistência e a qualidade da pesquisa, foram seguidas diretrizes metodológicas que envolveram a seleção criteriosa de artigos, a análise dos conteúdos e a síntese das principais contribuições.¹⁰

O processo de busca de artigos foi realizado em bases de dados acadêmicas renomadas, incluindo Google Scholar, Scielo e ScienceDirect, priorizando publicações dos últimos 10 anos para assegurar que as discussões refletissem os avanços mais recentes e as perspectivas contemporâneas sobre o tema. Foram utilizados termos específicos em português e inglês, tais como “história dos laboratórios de química”, “evolução dos laboratórios de ciência”, “práticas laboratoriais nos séculos XVI a XIX” e “contribuições dos laboratórios para a química moderna”. Além disso, foram aplicados filtros de tempo para incluir apenas publicações de 2013 a 2023, com foco em artigos que abordassem aspectos históricos, estruturais, tecnológicos e educacionais dos laboratórios de química. Dessa forma, foi possível garantir que os estudos selecionados apresentassem análises históricas atualizadas, e ao mesmo tempo, oferecessem

reflexões pertinentes sobre as transformações dos laboratórios ao longo do tempo.

Os critérios de inclusão para a seleção de artigos englobaram, além do recorte temporal, a relevância dos estudos para a temática em questão, a adequação metodológica e a qualidade das análises apresentadas. Estudos que discutem em profundidade a evolução dos laboratórios de química, suas influências na ciência moderna e o impacto das práticas laboratoriais na formação de cientistas foram priorizados. Também foram incluídas análises que relacionam o papel dos laboratórios de química com o avanço das práticas educativas nas universidades, principalmente a partir do século XIX. Após a coleta, os artigos foram organizados e lidos de forma exaustiva para que fosse possível extrair as informações mais relevantes e comparar as diferentes abordagens e perspectivas históricas encontradas. Como resultado, a revisão narrativa forneceu uma síntese integradora dos principais achados, identificando não apenas a evolução dos laboratórios, mas também as contribuições que esses espaços trouxeram para o desenvolvimento da química como ciência experimental e aplicada.⁴

A análise dos artigos foi realizada a partir da técnica de análise temática, que consiste na identificação e categorização dos temas recorrentes e das contribuições significativas nos estudos selecionados. A análise temática permitiu identificar padrões históricos, inovações tecnológicas e os aspectos culturais e sociais que influenciaram o desenvolvimento dos laboratórios de química ao longo dos séculos. Os temas foram organizados cronologicamente para construir uma linha evolutiva que destacasse as transformações estruturais e metodológicas ocorridas nos laboratórios de química. Essa abordagem facilitou a compreensão da transição dos laboratórios alquímicos do século XVI para os laboratórios sistemáticos e organizados do século XIX, proporcionando uma visão integrada sobre a relevância histórica dos laboratórios de química e suas influências na formação de cientistas e no avanço da ciência química.

3. Resultados e Discussão

Os laboratórios de química desempenharam um papel essencial no desenvolvimento da ciência química, tanto na produção de conhecimento científico quanto na formação de novos profissionais. Este capítulo aborda, em uma perspectiva histórica, as transformações nos laboratórios de química do século XVI ao XIX, examinando a transição da alquimia para a química moderna e o impacto dos avanços laboratoriais no ensino e na pesquisa científica. A análise é dividida em três seções, que abordam o contexto dos laboratórios no século XVI, os avanços metodológicos e estruturais ocorridos no século XVII e, por fim, a consolidação dos laboratórios no século XIX, com foco em sua integração no ensino científico.¹¹

3.1. Os laboratórios de Química no século XVI

No século XVI, os laboratórios de química eram amplamente influenciados pelas práticas alquímicas e suas aspirações místicas, como a busca pela transmutação de metais e pela criação da pedra filosofal. Ainda que a alquimia não fosse considerada uma ciência rigorosa, suas práticas de manipulação de materiais e de experimentação foram fundamentais para o desenvolvimento da química moderna. A organização desses espaços refletia a tentativa de sistematizar procedimentos e técnicas, um aspecto destacado pela importância da replicação de experimentos alquímicos para o aprendizado e a formação científica.¹² Os laboratórios dessa época eram caracterizados pela utilização de instrumentos rudimentares, como fornos e alambiques, que permitiam a manipulação controlada de substâncias.¹¹

Paracelso foi uma figura influente nesse contexto, ao integrar conceitos de química medicinal às práticas alquímicas, sugerindo que as substâncias químicas poderiam ser aplicadas na medicina para o tratamento de doenças. Essa ideia foi inovadora e destacou o potencial da química para o desenvolvimento de novos tratamentos, um aspecto que seria explorado amplamente nos séculos seguintes.¹¹ Embora limitados em termos de equipamentos e precisão, esses laboratórios representavam um passo importante na organização e no rigor dos experimentos, contribuindo para práticas mais sistematizadas e experimentais.⁶

O apoio de cortes europeias, especialmente na França e na Alemanha, permitiu que laboratórios alquímicos se transformassem em espaços de experimentação mais especializados e organizados, para serem usados como ferramentas para produção de materiais e produtos que tinham um importante valor econômico, sendo crucial para a produção de medicamentos, corantes, metais preciosos, bens que impulsionavam a economia e o poder político. A influência da alquimia e dos conhecimentos químicos tiveram destaque em vários aspectos da vida da elite, como na medicina e na metalurgia. Esse patrocínio foi essencial para o desenvolvimento inicial dos laboratórios e marca o início de um envolvimento estatal com a ciência que se intensificaria nos séculos seguintes.⁶ No final do século XVI, as práticas experimentais tinham o seu rigor metodológico, apesar de ser diferente dos paradigmas atuais, apresentavam objetivos práticos, com métodos mais sistemáticos e orientados pela observação empírica.⁶

Outro aspecto relevante é o desenvolvimento dos primeiros instrumentos laboratoriais, que começaram a oferecer aos cientistas ferramentas para manipular substâncias de forma controlada. A utilização de fornos, retortas e balanças, ainda que com precisão limitada, permitiu avanços nos experimentos e uma melhor compreensão das propriedades das substâncias químicas. Essas inovações foram decisivas para os avanços posteriores, especialmente no entendimento da natureza dos elementos químicos e suas combinações.¹³

No final do século XVI, os laboratórios de química eram indissociáveis da tradição alquímica e da sua natureza eminentemente prática e utilitária. Um lugar fechado e coberto, uma sala ou divisão de uma casa, ou uma botica que contenha todos os utensílios químicos, como fornos, vasos e instrumentos, no qual se executavam comodamente as operações químicas. De fato, etimologicamente, a palavra Laboratório deriva do latim *Laborare*, isto é, define um lugar de trabalho manual, e é usada normalmente para descrever qualquer espaço onde operações experimentais são realizadas, aproximando-se cada vez mais da ciência experimental que se consolidaria nos séculos seguintes. A partir desse momento, o laboratório começou a ser visto como um espaço de produção de conhecimento, onde o rigor empírico era valorizado e a observação dos fenômenos naturais passou a seguir critérios cada vez mais sistemáticos. Assim, os laboratórios de química do século XVI lançaram as bases para o desenvolvimento da química experimental.⁵

A influência da alquimia persistiu, até o século XVIII, em muitas das práticas e objetivos dos laboratórios químicos deste período. Muitas das descobertas realizadas foram acidentais, uma vez que os experimentos eram direcionados por objetivos filosóficos. Porém, mesmo as descobertas acidentais acabaram por ampliar o conhecimento científico sobre materiais e substâncias, influenciando diretamente o desenvolvimento da química no século XVII.⁵

No século XVI, a construção e o desenvolvimento dos laboratórios de química estavam profundamente enraizados nas práticas alquímicas que permeavam a sociedade da época. Apesar da alquimia não ser oficialmente reconhecida como uma ciência, suas práticas de manipulação de substâncias e experimentação pavimentaram a química científica. Os alquimistas buscavam, entre outras coisas, a transmutação de metais comuns em ouro e a criação da lendária pedra filosofal. Essas ambições conferiam ao laboratório um caráter secreto, mas paradoxalmente incentivavam a experimentação e o estudo das propriedades das substâncias, estabelecendo um precedente importante para a observação sistemática que caracterizaria a química nos séculos seguintes.¹²

A estrutura física dos laboratórios no século XVI era limitada pela disponibilidade de instrumentos e métodos simples de manipulação de substâncias. O laboratório típico incluía fornos de alta temperatura e alambiques, que permitiam a destilação e purificação de líquidos. Apesar da simplicidade dos equipamentos, esses instrumentos possibilitavam avanços significativos na compreensão das reações químicas e das propriedades materiais. A ausência de tecnologias avançadas era compensada pela engenhosidade dos alquimistas, que aprimoravam técnicas de aquecimento, destilação e extração, permitindo maior controle sobre os processos experimentais.¹¹

Paracelso, uma figura proeminente da época, introduziu a ideia de que a química poderia ser aplicada à medicina, estabelecendo a base para a química medicinal, um

cientista autodidata com formação médica e alquímica. O seu pensamento iatroquímico, que defendia o abandono de Aristóteles e o retorno aos próprios fatos da Natureza difundiu-se, c. 1560, a partir da Universidade de Basileia, na Suíça, onde o próprio lecionou, tendo como aluno Libavius. A medicina química, com base nos ensinamentos de Paracelso, englobava o tratamento de doenças e a preparação de remédios, como natureza dos processos fisiológicos. Estas ideias enfrentavam resistências dos principais centros médicos da época: a Escola de Medicina de Salerno e a Universidade de Montpellier. Ele propôs que as substâncias químicas possuíam o potencial de curar doenças, um conceito que desafiava o conhecimento médico tradicional e abria novas possibilidades para o uso terapêutico dos elementos naturais. Paracelso mudou a perspectiva dos laboratórios alquímicos, que passaram a incluir, em suas atividades, estudos sobre substâncias com propriedades curativas, transformando o laboratório em um espaço de estudo dos fenômenos biológicos e químicos de forma pioneira.⁶

O financiamento estatal, especialmente em países como França e Alemanha, desempenhou um papel importante na consolidação dos laboratórios alquímicos. Patrocínios da realeza e da nobreza incentivaram a experimentação e permitiram a construção de laboratórios mais organizados, que começaram a adotar métodos experimentais com objetivos práticos. Esse suporte possibilitou que o laboratório alquímico se desenvolvesse como um espaço de inovação, e esse avanço no apoio estatal à ciência seria crucial para o crescimento da química como disciplina experimental nos séculos seguintes.⁶

A evolução dos primeiros instrumentos laboratoriais foi outro aspecto significativo do século XVI. Ferramentas como as retortas e as balanças começaram a ser mais utilizadas, ainda que com precisão limitada, possibilitando a manipulação e o estudo de substâncias de maneira mais controlada. Essas inovações eram rudimentares, mas fundamentais para o avanço dos métodos experimentais, permitindo um estudo mais detalhado das propriedades dos materiais e o desenvolvimento de técnicas analíticas que seriam aperfeiçoadas nos séculos subsequentes.¹³

O final do século XVI trouxe uma transição importante nos objetivos dos laboratórios alquímicos. Embora o misticismo ainda estivesse presente, os alquimistas começaram a focar mais na observação empírica e na sistematização dos processos, aproximando-se de uma abordagem mais científica. O “rigor experimental” que nos padrões do século XVI diferiam significativamente dos atuais, mesmo em abordagens mais sistemáticas, tornou-se mais valorizado, e a observação dos fenômenos começou a seguir métodos sistemáticos, que mais tarde fundamentariam a química experimental moderna. Esse processo gradual de organização e disciplina experimental nos laboratórios foi crucial para a evolução da química.⁵

Por fim, é importante notar que, embora a alquimia tenha inspirado muitos experimentos, muitas descobertas

relevantes aconteceram de maneira incidental. O caráter exploratório dos experimentos muitas vezes resultava em avanços inesperados, que ampliavam o conhecimento sobre as substâncias e suas propriedades. Essas descobertas acidentais, embora derivadas de práticas com objetivos místicos, contribuíram significativamente para o desenvolvimento das práticas laboratoriais e inspiraram gerações futuras a explorar os fenômenos químicos com maior precisão.⁸

3.2. A Revolução Científica e os laboratórios do século XVII e XVIII

O século XVII foi um período de grande transformação para os laboratórios de química, impulsionado pela Revolução Científica e pela consolidação do método científico. Robert Boyle é um dos principais expoentes desse período, ao rejeitar os aspectos místicos da alquimia e enfatizar a importância da experimentação controlada e da quantificação dos resultados. Boyle introduziu a noção de que o laboratório deveria ser um espaço de observação empírica e repetição de experimentos, e sua visão influenciou significativamente a estrutura e a organização dos laboratórios da época.¹

A experimentação com gases, promovida pelos estudos de Boyle sobre a pressão e o volume dos gases, exemplifica o avanço técnico e metodológico dos laboratórios do século XVII. Com o desenvolvimento de instrumentos como bombas de ar e balanças de precisão, os cientistas foram capazes de explorar propriedades dos materiais com maior controle e acurácia, facilitando o estudo das propriedades dos gases e de outros estados da matéria. Esse progresso foi fundamental para a posterior formulação de leis que descrevem o comportamento dos gases, um marco na ciência química.¹⁴

Esses avanços foram acompanhados pela divisão do espaço laboratorial em setores específicos, dedicados a diferentes tipos de experimentos, como a manipulação de gases, líquidos e sólidos. A diversidade de espaços experimentais, incluindo oficinas domésticas e farmacêuticas possibilitou uma maior especialização e eficiência no desenvolvimento de experimentos, refletindo a crescente complexidade dos estudos químicos. A padronização de práticas experimentais e a organização dos laboratórios permitiram que o conhecimento químico fosse sistematizado e reproduzido, fortalecendo a química como uma ciência experimental.¹⁵

O século XVII marcou um período decisivo para a química, caracterizado pela influência da Revolução Científica e pela adoção do método científico nos laboratórios. A figura de Robert Boyle se destacou por sua oposição à alquimia mística e por promover a experimentação controlada. Para Boyle, o laboratório deveria ser um espaço de observação empírica onde experimentos poderiam ser repetidos e resultados, verificados. Sua ênfase na quantificação e na precisão teve um impacto duradouro na

estrutura dos laboratórios, que começaram a adotar práticas mais rigorosas, afastando-se das influências místicas e tornando-se centros de ciência prática.¹

O desenvolvimento de instrumentos mais sofisticados, como bombas de ar e balanças de precisão, permitiu avanços significativos nos estudos laboratoriais. Com esses novos equipamentos, os cientistas puderam explorar as propriedades dos gases de maneira mais precisa, abrindo caminho para a formulação de leis que descreveriam o comportamento dos gases. Esses estudos, impulsionados pelas investigações de Boyle, representaram um marco no desenvolvimento da ciência química, permitindo uma análise mais controlada dos fenômenos e estimulando o estudo dos estados da matéria.¹⁴

A especialização do espaço laboratorial em setores dedicados a diferentes tipos de experimentos foi uma inovação importante do século XVII. Laboratórios passaram a contar com áreas específicas para a manipulação de gases, líquidos e sólidos, o que favoreceu o desenvolvimento de experimentos mais complexos e sofisticados. Essa divisão funcional aumentou a eficiência do trabalho experimental e facilitou a organização das práticas, que passaram a ser mais padronizadas e sistematizadas, promovendo a consolidação da química como ciência experimental.¹⁵

A padronização dos experimentos também começou a ganhar espaço nos laboratórios do século XVII. Procedimentos começaram a ser documentados, mesmo que de forma inconsistente, e apresentando desafios no processo de replicação pois muitas vezes dependiam de acordos sociais, no entanto, o procedimento de documentação dos experimentos foi essencial para a disseminação do conhecimento científico, permitindo que descobertas fossem verificadas e aceitas pela comunidade científica. A confiança na experimentação e na replicação dos resultados fortaleceu a ciência química e estabeleceu a base para o método científico aplicado aos estudos de substâncias.¹⁵

Com a Revolução Científica, surgiram academias e sociedades científicas que incentivavam o uso dos laboratórios para experimentação controlada e compartilhamento de descobertas. Essas instituições, como a Royal Society em Londres, promoveram uma cultura de investigação científica baseada na empiria e na racionalidade. O apoio dessas entidades foi fundamental para a institucionalização dos laboratórios como centros de produção de conhecimento científico e para a disseminação de práticas rigorosas de experimentação.¹⁴

Além disso, o conceito de “controle” começou a ganhar importância, no qual as variáveis dos experimentos eram cuidadosamente ajustadas para garantir a precisão dos resultados. Esse controle permitiu avanços na compreensão das reações químicas e das interações entre substâncias, pavimentando o caminho para o desenvolvimento da química analítica e orgânica. A partir desse momento, o laboratório começou a ser visto como um espaço onde o controle e a precisão eram essenciais para o desenvolvimento do conhecimento científico.¹⁵

A química passou a ser uma disciplina cada vez mais colaborativa, com cientistas compartilhando descobertas e métodos, no entanto, destaca-se que para essas transformações ocorreu resistência de artesãos em compartilhar técnicas e competição entre paradigmas explicativos. O intercâmbio de ideias e a replicação de experimentos entre diferentes laboratórios estimularam a criação de uma comunidade científica dedicada à investigação experimental. A colaboração e a padronização dos métodos fortaleceram a química como ciência, tornando os laboratórios lugares centrais para a criação e difusão do conhecimento científico.¹

3.3. Consolidação dos laboratórios no século XIX

No século XIX, os laboratórios de química alcançaram um nível de sofisticação e organização que consolidou a química como uma ciência independente e rigorosa. Esse período marcou o início da integração dos laboratórios de química ao sistema de ensino, especialmente nas universidades europeias, como parte dos currículos acadêmicos e da formação científica. O desenvolvimento de instrumentos de precisão e a introdução de técnicas quantitativas nos experimentos foram fundamentais para a institucionalização dos laboratórios, que se tornaram locais de pesquisa e formação científica.⁷

O laboratório de Justus Von Liebig na Universidade de Giessen é apresentado como modelo de um laboratório universitário de Química moderno, apesar de algumas universidades terem tido uma oposição inicial, contrária.¹⁶ Mas, na verdade foi uma das maiores influências no ensino prático da ciência através da instrução no laboratório, pois apesar de Liebig não ter inventado o ensino laboratorial, o seu esforço em apresentar o laboratório da Universidade de Giessen apareceu no momento histórico exato, pois não se tratava de um laboratório demonstrativo, nem muito menos de um laboratório que se ensina a química experimental, mas um laboratório que trabalha a pesquisa em química.

Já a contribuição de Antoine Lavoisier para a química moderna, com a introdução do conceito de conservação da massa e o uso da balança de precisão, exemplifica o impacto da modernização dos laboratórios. Lavoisier transformou o laboratório em um espaço de rigor metodológico, onde a quantificação e a medição se tornaram componentes indispensáveis para a experimentação científica. Esse desenvolvimento técnico possibilitou avanços significativos na química analítica, orgânica e inorgânica, estabelecendo os fundamentos da química moderna.¹⁷

Os laboratórios do século XIX também foram essenciais para a criação de uma cultura científica voltada para a experimentação e a produção de conhecimento. O laboratório passou a ser visto não apenas como um local de ensino, mas como um espaço de inovação, onde novos fenômenos podiam ser investigados e novas teorias formuladas. Essa transformação foi crucial para o desenvolvimento de uma ciência mais colaborativa e experimental.¹⁷

A integração dos laboratórios nos currículos acadêmicos incentivou o desenvolvimento de novas metodologias de ensino, utilizando o espaço laboratorial como uma extensão prática das aulas teóricas. Esse modelo pedagógico valorizava a prática experimental como uma ferramenta de aprendizado, oferecendo aos estudantes uma formação mais completa e alinhada às demandas da ciência moderna. Essa abordagem colaborativa e focada na experimentação impulsionou o desenvolvimento da química em diversas áreas, permitindo que os estudantes aplicassem o conhecimento teórico na prática.¹⁸ Como exemplo temos o laboratório de Liebig (1803-1873) na Universidade de Giessen (1824-1852), onde o ensino investigativo tinha um professor/investigador principal, jovens investigadores, alunos de investigação, ajudantes de laboratório e preparadores, e todos os trabalhos eram discutidos em grupo, para proveito comum, surgindo uma equipe de pesquisadores.

O século XIX representou um período de grande sofisticação para os laboratórios de química, que consolidaram a química como ciência independente. Nesse contexto, os laboratórios tornaram-se parte integrante do sistema de ensino nas universidades europeias, sendo incorporados aos currículos acadêmicos. Essa integração possibilitou a formação de profissionais com uma compreensão prática e teórica da química, solidificando o papel do laboratório como um espaço essencial para a educação científica e para o treinamento de novos químicos.⁷

A utilização de balanças de precisão por Lavoisier trouxe um novo nível de rigor ao laboratório, transformando-o em um espaço onde a medição e a quantificação eram indispensáveis para a experimentação científica. Esse avanço técnico possibilitou o surgimento de campos como a química analítica, que se beneficiou da precisão e da replicabilidade dos métodos experimentais.²

Os laboratórios do século XIX também foram fundamentais para o desenvolvimento de uma cultura científica focada na produção e na verificação do conhecimento experimental. Essa cultura favoreceu a inovação e o desenvolvimento de novas teorias e modelos químicos, permitindo que a ciência avançasse em um ritmo acelerado. O laboratório passou a ser visto não apenas como um espaço de aprendizagem, mas também como um local de descoberta e inovação científica, ampliando seu papel no avanço do conhecimento.^{2,17}

O ensino experimental passou a ocupar um espaço central na formação dos estudantes de química, com os laboratórios se tornando extensões práticas das salas de aula. Esse modelo pedagógico oferecia aos alunos a oportunidade de aplicar o conhecimento teórico na prática, promovendo uma aprendizagem mais completa e alinhada às demandas da ciência moderna. A prática laboratorial tornou-se essencial para o desenvolvimento de habilidades experimentais, ajudando a consolidar o laboratório como espaço de ensino e pesquisa.^{18,19}

A crescente complexidade dos experimentos químicos levou ao desenvolvimento de novos instrumentos e técnicas

de análise, permitindo aos cientistas explorar fenômenos cada vez mais detalhados. O avanço dos instrumentos de precisão foi crucial para a química analítica e a química orgânica, que passaram a contar com métodos mais confiáveis e rigorosos para identificar e quantificar substâncias. Essa sofisticação instrumental marcou uma nova era para os laboratórios, que se tornaram verdadeiros centros de tecnologia e inovação científica.⁷

O século XIX também viu uma maior colaboração entre cientistas e instituições acadêmicas, o que facilitou o desenvolvimento de uma ciência mais estruturada e orientada para a pesquisa experimental. A criação de redes de cientistas e laboratórios possibilitou o compartilhamento de métodos, descobertas e equipamentos, promovendo uma ciência mais aberta e colaborativa. Esse movimento foi essencial para a criação de uma comunidade científica global, consolidando os laboratórios como pilares fundamentais para o avanço da química moderna.¹⁷

O legado dos laboratórios do século XIX permanece na estrutura da educação científica atual, onde o laboratório continua a ser visto como um espaço indispensável para a experimentação e a formação dos futuros cientistas. A consolidação dos laboratórios de química como locais de pesquisa e ensino marcou o início de uma era de progresso científico que moldou a química moderna e continua a influenciar a prática científica contemporânea.^{18, 19}

4. Conclusão

A análise histórica dos laboratórios de química entre os séculos XVI e XIX revela a importância desses espaços na evolução da ciência química, tanto no que diz respeito ao desenvolvimento teórico quanto à aplicação prática e pedagógica. Desde os primeiros laboratórios alquímicos, que misturavam objetivos místicos com experimentação prática, até os laboratórios sistematizados e tecnicamente avançados do século XIX, o desenvolvimento dos ambientes laboratoriais reflete as mudanças nas práticas científicas, na precisão dos instrumentos e no próprio entendimento dos fenômenos químicos. Esses laboratórios não apenas possibilitaram avanços significativos nas técnicas de experimentação, mas também estabeleceram as bases para a química moderna, oferecendo um ambiente controlado onde teorias científicas puderam ser testadas, replicadas e validadas.

No século XVII, com a consolidação do método científico e o rigor experimental defendido por cientistas como Robert Boyle, os laboratórios passaram a incorporar equipamentos que possibilitaram uma manipulação mais precisa de substâncias e fenômenos químicos. Apesar do forno ser apresentado como símbolo dos laboratórios alquímicos, a crença de que este elemento emblemático traduz, a partir do século XVII, a fronteira entre a alquimia e a química esta distante de ser esclarecida. O conceito de quantificação e replicabilidade ganharam destaque, o

que impulsionou a transição dos experimentos alquímicos para práticas científicas baseadas em evidências e resultados consistentes. Esse período foi essencial para consolidar o laboratório como um espaço indispensável para a ciência, e as inovações desenvolvidas então influenciaram diretamente a estrutura e o funcionamento dos laboratórios dos séculos seguintes, já que as artes práticas forneciam um amplo campo de trabalho, que ia, desde mineração, metalurgia no trabalho dos artesãos nas minas, fundições e trabalhos do vidro até à preparação de fármacos, ou à refinação de açúcar, de soda, ou dos ácidos minerais.

O século XIX marcou um ponto crucial para a institucionalização dos laboratórios de química, quando esses espaços passaram a integrar currículos acadêmicos e a desempenhar um papel central na formação de novos cientistas e profissionais. A partir desse momento, a química estabeleceu-se como uma ciência autônoma, com métodos e práticas laboratoriais próprias, impulsionada por avanços como os realizados por Lavoisier. A inserção dos laboratórios nos ambientes educacionais também contribuiu para a popularização e o ensino prático da ciência química, permitindo uma formação mais completa e fundamentada para os estudantes. Nesse sentido, o desenvolvimento dos laboratórios de química não foi apenas um reflexo do progresso científico, mas também um elemento ativo que moldou o próprio conceito de ciência moderna.

Portanto, o estudo dos laboratórios de química ao longo desses séculos permite compreender como a ciência evoluiu de uma prática empirista e, em parte, esotérica, para uma disciplina rigorosa e quantitativa. Essa evolução destaca a relevância histórica dos laboratórios não apenas como locais de experimentação, mas também como instrumentos fundamentais para o avanço do conhecimento humano.

Referências Bibliográficas

1. Kavalek, D. S.; Souza, D. O.; Del Pino, J. C.; Ribeiro, M. A. P.; Filosofia e História da Química para educadores em Química. *História da Ciência e Ensino: construindo interfaces* **2015**, 12, 1. [Link]
2. Mocellin, R. C.; Estilo de raciocínio e capilaridade técnico-cultural na química no século XVIII. *Sci. Stud.* **2015**, 13, 759. [Crossref]
3. Debus, A. G.; A Longa Revolução da Química. *Ciência Hoje* **1991**, 13, 34.
4. Meloni, R. A.; Alcântara, W. R. R.; Materiais didático-científicos e a história do ensino de ciências naturais em São Paulo (1880-1901). *Educação e Pesquisa* **2019**, 45, 1. [Crossref]
5. Meloni, R. A.; O ensino de Química nos Ginásios de São Paulo – 1896/190. *Revista Brasileira de História de Educação* **2017**, 17, 83. [Crossref]
6. Camel, T. O.; Moura, C.; Guerra, A.; Revolução Química e Historiografia: uma releitura a partir da História Cultural da Ciência para o Ensino de Química. *Educación Química* **2019**, 30, 136. [Crossref]

7. Cavalcanti, K. M. P.; Queiroz, G. R. P. C.; Laboratório didático de química e o ensino médio integrado à educação profissional. *Educação Química em Ponto de Vista* **2018**, 2, 142. [[Crossref](#)]
8. Pacheco, S.; Borguini, R. G.; Santiago, M. C. P. A.; Nascimento, L. S. M.; Godoy, R. L. O.; História da Cromatografia Líquida. *Revista Virtual de Química* **2015**, 7, 1225. [[Crossref](#)]
9. Sampaio, R. F.; Mancini, M. C.; Systematic review studies: a guide for careful synthesis of scientific evidence. *Braz. J. Phys. Ther.* **2007**, 11, 77. [[Crossref](#)]
10. Silva, D.; Almeida, J.; Revisão narrativa em história da ciência: metodologia e aplicações. *Revista Acadêmica de História* **2020**, 6, 428. [[Crossref](#)]
11. Beltran, M. H. R.; *Atas do X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Águas de Lindoia, SP, Brasil, 2015. [[Link](#)]
12. Callegario, L. J.; Hygino, C. B.; Alves, V. L. O.; Luna, F. J.; Linhares, M. P.; A História da ciência no ensino de química: Uma revisão. *Revista Virtual de Química* **2015**, 7, 997. [[Crossref](#)]
13. Fernandes, A. C. S.; Carvalho, M. A.; Almeida, D.; Witovisk, L.; O Museu Nacional, suas análises de carvão mineral e a coleção de fósseis vegetais carboníferos no século XIX. *Filosofia e História da Biologia* **2014**, 9, 1. [[Link](#)]
14. Mori, R. C.; Curvelo, A. A. S. O que sabemos sobre os primeiros livros didáticos brasileiros para o ensino de química. *Química Nova* **2014**, 37, 919. [[Crossref](#)]
15. Pauletti, F.; Rosa, M. P. A.; Catelli, F.; A importância da utilização de estratégias de ensino envolvendo os três níveis de representação da Química. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia* **2014**, 7, 121. [[Link](#)]
16. Maar, J. H.; Justus von Liebig, 1803-1873. parte 1: vida, personalidade, pensamento. *Química Nova* **2006**, 29, 1129. [[Crossref](#)]
17. Mocellin, R. C.; Química e modernidade. *Cadernos PET-Filosofia* **2015**, 16, 9. [[Crossref](#)]
18. Pinto, J. A. F.; Silva, A. P. B.; Ferreira, E. J. B.; Laboratório desafiador e história da ciência: um relato de experiência com o experimento de Oersted. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **2017**, 34, 176. [[Crossref](#)]
19. Silva, J. R. R. T. Diversos modos de pensar o conceito de substância química na história da ciência e sua visão relacional. *Ciência & Educação* **2017**, 23, 707. [[Crossref](#)]