

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA**

Giovana Mendonça de Medeiros

As diferentes estratégias de ensino aplicadas por Ellen Swallow Richards: um estudo de caso

Juiz de Fora

2025

Giovana Mendonça de Medeiros

As diferentes estratégias de ensino aplicadas por Ellen Swallow Richards: um estudo de caso

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal de Juiz de Fora como parte das exigências para a defesa da Tese de Doutorado.

Orientador(a): Dra. Ingrid Nunes Derossi

Juiz de Fora
2026

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Medeiros, Giovana Mendonça de .

As diferentes estratégias de ensino aplicadas por Ellen Swallow Richards : um estudo de caso / Giovana Mendonça de Medeiros. -- 2026.

146 f.

Orientador: Ingrid Nunes Derossi

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Juiz de Fora, ICE/Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Química, 2026.

1. História da Ciência. 2. Estratégias de Ensino. 3. Química Sanitária. I. Derossi, Ingrid Nunes , orient. II. Título.

Giovana Mendonça de Medeiros

As diferentes estratégias de ensino aplicadas por Ellen Swallow Richards: um estudo de caso

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Química. Área de concentração: Química.

Aprovada em 6 de fevereiro de 2026.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Ingrid Nunes Derossi - Orientadora
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Deividi Márcio Marques
Universidade Federal de Uberlândia

Profa. Dra. Camila Lima Miranda
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Prof. Dr. Antônio Carlos Sant'ana
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. José Guilherme da Silva Lopes
Universidade Federal de Juiz de Fora

Juiz de Fora, 04/02/2026.



Documento assinado eletronicamente por **Ingrid Nunes Derossi, Professor(a)**, em 06/02/2026, às 12:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Deividi Marcio Marques, Usuário Externo**, em 06/02/2026, às 12:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Camila Lima Miranda, Usuário Externo**, em 06/02/2026, às 12:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Antonio Carlos Sant Ana, Professor(a)**, em 06/02/2026, às 16:35, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jose Guilherme da Silva Lopes, Professor(a)**, em 09/02/2026, às 17:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **2860021** e o código CRC **D7F4D581**.

Dedico este trabalho a todos aqueles que acreditam que a ciência deve estar a serviço da vida e que veem no conhecimento científico uma ferramenta de transformação social.

AGRADECIMENTOS

Agradeço especialmente a Deus por me alcançar com suas bênçãos, sem Ti eu nada seria. A Ele toda honra e glória.

Agradeço também aos meus pais, Celeste e Giovane, por todo apoio, incentivo e dedicação. Minha trajetória na pós-graduação só foi possível devido ao esforço de vocês. Obrigada por sempre acreditarem que eu seria capaz. Agradeço também à minha irmã, Roberta, que com tanto carinho sempre esteve presente nos meus momentos de desânimo.

Agradeço ao meu esposo, Luan Meirelles, por ser a rocha que me sustentou em cada período de dificuldade. Se não fosse seu amor, sua paciência e sua ajuda, eu teria desistido. Você foi fundamental para que eu me mantivesse de pé durante essa jornada, hoje eu entendo o verdadeiro sentido de parceria.

Agradeço aos amigos e familiares que me acompanharam durante a escrita dessa tese, a presença de vocês foi fundamental para alegrar os meus dias. Em especial, agradeço aos meus sogros que me ajudaram muito durante um longo período do doutorado, vocês são mais do que especiais.

Agradeço a Ivoni de Freitas Reis, minha orientadora querida. Obrigada pelos momentos de escuta, pelos conselhos, correções e por tanta paciência. Espero ser um dia um pouquinho como você. Agradeço à minha atual orientadora, Ingrid Derossi, por aceitar embarcar nessa jornada e por toda ajuda e paciência, você é excepcional.

Aos colegas do GEEDUQ, agradeço pelas trocas, conversas e toda ajuda dispensada durante a execução desse projeto, a mente de vocês é brilhante. Agradeço também ao assentamento Denis Gonçalves, pelo aceite ao nosso projeto e pela recepção tão calorosa.

Por fim, agradeço aos órgãos de fomento à pesquisa, CAPES, CNPQ, e a UFJF, pela oportunidade de dar seguimento à minha formação.

“Quanto mais formos capazes de descobrir por que somos aquilo que somos, tanto mais nos será possível compreender por que é que a realidade é o que é” (Freire, 1997, p. 21).

RESUMO

Esta tese investiga as diferentes metodologias e estratégias de ensino empregadas pela cientista e educadora Ellen Henrietta Swallow Richards, com ênfase na forma como o conhecimento em Química Sanitária foi comunicado a diferentes públicos no final do século XIX e início do século XX. O estudo tem como objetivo analisar as estratégias pedagógicas adotadas por Richards na interlocução com diferentes gêneros, bem como discutir a relevância de sua metodologia de análise química da água, amplamente difundida em instituições de ensino e em contextos não acadêmicos. A pesquisa se fundamenta em uma abordagem qualitativa e histórica, estruturada como um estudo de caso, articulando perspectivas internalistas e externalistas da História da Ciência. Como procedimento metodológico foi utilizada a Análise de Conteúdo, conforme Bardin (2011), aplicada a obras selecionadas da autora, as quais são *Air, Water, and Food from a Sanitary Standpoint*, *Laboratory Notes: Sanitary Chemistry and Water Analysis*, *The Chemistry of Cooking and Cleaning* e *Sanitation in Daily Life*, escolhidas por abordarem temas centrais da Química Sanitária e por se destinarem a leitores diversos, como estudantes do Instituto de Tecnologia de Massachusetts e donas de casa. A análise evidencia que Ellen Richards adaptava a linguagem, o nível de detalhamento científico, os exemplos e a complexidade experimental de seus textos conforme o público-alvo, o que revela uma prática pedagógica sensível à heterogeneidade social e de gênero de sua época. Como desdobramento aplicado da pesquisa, foi desenvolvido um projeto de extensão voltado ao ensino de análise da potabilidade da água em uma comunidade rural, no qual métodos inspirados nas práticas de Ellen foram adaptados para um contexto escolar com recursos limitados, promovendo a aproximação entre conhecimento científico e realidade cotidiana, além de incentivar a autonomia dos participantes no monitoramento da qualidade da água. Concluímos que suas estratégias de ensino contribuíram profundamente para a consolidação da Química Sanitária, para a ampliação do acesso ao conhecimento científico por mulheres e para a articulação entre ciência, saúde pública e cotidiano. O estudo aponta, ainda, que a compreensão histórica dessas práticas pode oferecer subsídios relevantes para o aprimoramento contemporâneo das estratégias de ensino em Química, especialmente em contextos educacionais socialmente vulneráveis.

Palavras-chave: História da Ciência; Estratégias de Ensino; Química Sanitária.

ABSTRACT

This thesis investigates the different teaching methodologies and strategies employed by the scientist and educator Ellen Henrietta Swallow Richards, with an emphasis on how knowledge in Sanitary Chemistry was communicated to different audiences in the late 19th and early 20th centuries. The study aims to analyze the pedagogical strategies adopted by Richards in her interaction with different genres, as well as to discuss the relevance of her methodology for the chemical analysis of water, widely disseminated in educational institutions and non-academic contexts. The research is based on a qualitative and historical approach, structured as a case study, articulating internalist and externalist perspectives of the History of Science. As a methodological procedure, Content Analysis was used, according to Bardin (2011), applied to selected works by the author, as *Air, Water, and Food from a Sanitary Standpoint*, *Laboratory Notes: Sanitary Chemistry and Water Analysis*, *The Chemistry of Cooking and Cleaning*, and *Sanitation in Daily Life*. These works were chosen because they address central themes in Sanitary Chemistry and are intended for diverse readers, such as students from the Massachusetts Institute of Technology and housewives. The analysis shows that Ellen Richards adapted the language, the level of scientific detail, the examples, and the experimental complexity of her texts according to the target audience, revealing a pedagogical practice sensitive to the social and gender heterogeneity of her time. As an applied development of the research, an extension project was developed focused on teaching water potability analysis in a rural community. Methods inspired by Ellen's practices were adapted to a school context with limited resources, promoting a connection between scientific knowledge and everyday reality, and encouraging participants' autonomy in monitoring water quality. We conclude that her teaching strategies contributed profoundly to the consolidation of Sanitary Chemistry, to the expansion of access to scientific knowledge for women, and to the articulation between science, public health, and everyday life. The study also points out that a historical understanding of these practices can offer relevant insights for the contemporary improvement of teaching strategies in Chemistry, especially in socially vulnerable educational contexts.

Keywords: History of Science; Teaching Strategies; Sanitary Chemistry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1	–	Combinação de Descritores	26
Quadro 2	–	Síntese da Categoria de Análise: Identificação com o Público	74
Quadro 3	–	Síntese da Categoria de Análise: Autoridade Científica	83
Quadro 4	–	Síntese da Categoria de Análise: Contextualização	89
Quadro 5	–	Síntese da Categoria de Análise: Nível de Detalhamento Científico	96
Quadro 6	–	Síntese da Categoria de Análise: Complexidade Experimental	103
Figura 1	–	Ellen Swallow Richards	35
Figura 2	–	Carta de Ida Ryan para Ellen Richards	47
Figura 3	–	Anúncio Público da <i>Oekology</i>	52
Figura 4	–	<i>The New England Kitchen</i>	56
Figura 5	–	Publicações de Ellen Richards	63
Figura 6	–	Referência em <i>Sanitation in daily life</i> (1907)	76
Figura 7	–	Autoridade Científica - CCC	77
Figura 8	–	Referências em <i>Laboratory Notes</i> (1886)	78
Figura 9	–	Método Kjeldahl's	80
Figura 10	–	Bibliografia da Química de Alimentos	80
Figura 11	–	Referencial Bibliográfico	81
Figura 12	–	Reação de Fermentação	91
Figura 13	–	Princípio científico do método Kjeldahl	92
Figura 14	–	Pressão Parcial (O ₂ e CO ₂)	94
Figura 15	–	Composição de Alimentos (Recorte)	95
Figura 16	–	Descrição Experimental	99
Figura 17	–	Método de Análise	100
Figura 18	–	Oxidação do CO	102
Figura 19	–	Ellen Richards coletando água para análise (1872)	108
Figura 20	–	Introdução Teórica – Projeto de Extensão	119
Figura 21	–	Escala colorimétrica para análise de pH, cloro e nitritos	121
Figura 22	–	Kits de análise	122
Figura 23	–	Análise de água coletada pelos estudantes	123

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Relação dos periódicos e indexadores com o número de artigos resgatados.28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAAS	American Association for the Advancement of Science
AWF	Air, water and food from a sanitary standpoint
CCC	The Chemistry of Cooking and Cleaning
COPASA	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
EAD	Educação à Distância
EJA	Educação de Jovens e Adultos
EUA	Estados Unidos da América
HC	História da Ciência
IUB	Instituto Universal Brasileiro
JCE	Journal of Chemical Education
LN	Laboratory Notes: Sanitary chemistry and Water analysis
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MST	Movimento dos Trabalhadores Rurais sem Terra
SDL	Sanitation in Daily Life
STEM	Science, Technology, Engineering and Mathematics
WEA	Women's Educational Association

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVOS	18
1.1.1 Objetivo Geral	18
1.1.2 Objetivos Específicos	19
1.2 METODOLOGIA.....	19
2 REVISÃO SISTEMÁTICA.....	25
3 ELLEN SWALLOW RICHARDS: UMA BREVE BIOGRAFIA.....	34
4 UMA REFERÊNCIA NA CIÊNCIA E NA EDUCAÇÃO	40
4.1 O CONTEXTO EDUCACIONAL NOS EUA – SÉCULOS XVIII E XIX	40
4.1.2 Aspectos Históricos e Filosóficos da Educação	42
4.2 ESTRATÉGIAS PEDAGÓGICAS DE ELLEN	48
4.3 CONTRIBUIÇÕES DE ELLEN COMO EDUCADORA	51
4.3.1 Educação Ambiental.....	51
4.3.2 Educação e Formação Científica de Mulheres	53
4.3.3 Ensino por Correspondência.....	54
4.3.4 Ciência da Nutrição	55
4.4 A LEI Nº 14.986/2024 E A IMPORTÂNCIA CONTEMPORÂNEA DA VALORIZAÇÃO DAS MULHERES NA CIÊNCIA	57
5 COMUNICAÇÃO TÉCNICA E A ANÁLISE DE MATERIAIS ESCRITOS.....	59
5.1 ANÁLISE POR CATEGORIAS.....	64
5.1.1 Identificação com o Público	66
5.1.1.2 <i>Sanitation in Daily Life</i>	66
5.1.1.3 <i>The Chemistry of Cooking and Cleaning</i>	68
5.1.1.4 <i>Laboratory Notes: sanitary chemistry and water analysis</i>	69
5.1.1.5 <i>Air, Water and Food: from a sanitary standpoint</i>	71
5.1.2 Autoridade Científica	75

5.1.2.1	<i>Sanitation in daily life</i>	75
5.1.2.2	<i>The Chemistry of Cooking and Cleaning</i>	76
5.1.2.3	<i>Laboratory Notes: sanitary chemistry and water analysis</i>	78
5.1.2.4	<i>Air, Water and Food from a sanitary standpoint</i>	81
5.1.3	Contextualização	83
5.1.3.1	<i>Sanitation in Daily Life</i>	84
5.1.3.2	<i>The Chemistry of Cooking and Cleaning</i>	85
5.1.3.3	<i>Laboratory Notes: sanitary chemistry and water analysis</i>	86
5.1.3.4	<i>Air, Water and Food from a sanitary standpoint</i>	87
5.1.4	Nível de Detalhamento Científico	90
5.1.4.1	<i>Sanitation in daily life</i>	90
5.1.4.2	<i>The Chemistry of Cooking and Cleaning</i>	91
5.1.4.3	<i>Laboratory Notes</i>	92
5.1.4.4	<i>Air, Water and Food from a sanitary standpoint</i>	93
5.1.5	Complexidade Experimental	96
5.1.5.1	<i>Sanitation in daily life</i>	97
5.1.5.2	<i>Laboratory Notes</i>	98
5.1.5.3	<i>Air, Water and Food from a sanitary standpoint</i>	101
6	ANÁLISE DE ÁGUA: UMA CONTRIBUIÇÃO ESSENCIAL PARA O DESENVOLVIMENTO DA HUMANIDADE	104
6.1	HISTÓRIA DA ANÁLISE DE ÁGUA	104
6.2	OS MÉTODOS DE ELLEN RICHARDS NAS ANÁLISES DE ÁGUA	107
7	PROJETO DE EXTENSÃO: “UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE QUÍMICA EM ESCOLAS DO CAMPO E PERIFÉRICAS: O TRATAMENTO DA ÁGUA E A HISTÓRIA DA QUÍMICA A PARTIR DE ELLEN RICHARDS”	116
7.1	Construção do Projeto	117
7.2	Aplicação do Projeto	119

7.3 Resultados do Projeto	123
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	132
REFERÊNCIAS	135
APÊNDICE A – Instruções para o Uso do Kit	145
APÊNDICE B – Pré-Questionário	146
APÊNDICE C – Pós-Questionário.....	147

1 INTRODUÇÃO

No ensino de química, assim como de qualquer outra disciplina, o docente está em constante contato com a heterogeneidade escolar. Cada escola ou turma apresenta distinções entre si, no que diz respeito ao conhecimento prévio dos estudantes, suas vivências culturais e sociais e, portanto, a estratégia de ensino adotada pelo professor não alcançada mesma forma todos os alunos (Junior; Stein, 2017).

Diante desse cenário, torna-se essencial compreender que a superação da heterogeneidade escolar não depende apenas da escolha pontual de estratégias de ensino, mas de uma reflexão mais ampla sobre a metodologia adotada. Enquanto as estratégias se referem às ações práticas e pontuais aplicadas em sala de aula, a metodologia envolve o planejamento, a coerência e a intencionalidade que orientam essas ações. Assim, é por meio de uma metodologia bem estruturada que o docente consegue articular diferentes estratégias de forma efetiva, adequando-as às necessidades e realidades dos estudantes e garantindo que a diversidade presente nas turmas se torne um elemento enriquecedor do processo educativo, e não um obstáculo.

As estratégias de ensino podem ser definidas como “situações variadas, criadas pelo docente para oportunizar aos educandos a interação com o conhecimento” (Moreira, 2014, p. 19). Já as metodologias de ensino podem ser definidas como “o estudo das diferentes trajetórias traçadas/planejadas e vivenciadas pelos educadores para orientar/direcionar o processo de ensino-aprendizagem em função de certos objetivos ou fins educativos/formativos” (Manfredi, 1993). Dessa forma, propor, buscar e conhecer diferentes metodologias e estratégias para o ensino e aprendizagem é uma das maneiras fundamentais de lidar de maneira eficaz com a heterogeneidade escolar.

Ao priorizar uma única estratégia de ensino, o educador se restringe e não garante a todos os estudantes a mesma oportunidade de compreender o conteúdo abordado. Em resumo, o professor necessita estar em contato com diferentes metodologias e estratégias de modo a atender as necessidades que surgem durante o processo de ensino (Brighenti; Biavatti; Souza, 2015).

Nesse sentido, são muitas as pesquisas que buscam articular a História da Ciência e o Ensino, nas quais, os autores afirmam que a história tem papel fundamental no processo de ensino e de aprendizagem. Em geral, essas pesquisas podem ser divididas em dois grupos:

“aquelas que propõem uma intervenção direta em sala de aula e outras que buscam fornecer subsídios aos educadores” (Saito, 2010, p. 3).

O primeiro grupo busca na História da Ciência (HC) um instrumento que pode vir a servir como auxiliador no ensino de diferentes conteúdos científicos, incentivado por documentos que regem a Educação Básica, como a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que afirma que “a contextualização histórica não se ocupa apenas da menção a nomes de cientistas e a datas da história da Ciência, mas de apresentar os conhecimentos científicos como construções socialmente produzidas” (Brasil, 2018, p. 550).

Já o segundo grupo tem como objetivo examinar o potencial pedagógico da História da Ciência e contribuir para a prática docente (Saito, 2010). Com essa perspectiva, entende-se que a HC pode auxiliar na solução de um dos problemas decorrentes da heterogeneidade escolar: as limitações do docente em adaptar suas estratégias de ensino para diferentes grupos.

A partir desse entendimento, se vê na HC a oportunidade de investigar diferentes metodologias de ensino empregadas em distintas épocas e, com isso, proporcionar aos educadores informações que os coloquem em contato com essas estratégias, a fim de suprir as necessidades que surgem durante o processo de ensino e de aprendizagem observando os limites temporais pertinentes, de modo a não incorrer em leituras anacrônicas. Dessa forma, pretende-se investigar as estratégias de ensino nas metodologias de ensino aplicadas pela cientista e educadora Ellen Henrietta Swallow Richards (1842-1911).

Ellen Swallow Richards foi a primeira mulher a ingressar no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) e esteve envolvida com projetos pioneiros durante toda sua carreira como química. Durante seus quase quarenta anos na instituição, primeiro como aluna e depois como instrutora, ela se tornou uma figura sobrestante e ativa, contribuindo para diversas organizações científicas, tanto locais quanto nacionais. Sua dedicação no incentivo ao ingresso no Ensino Superior pelas mulheres, assim como para pesquisas e trabalhos, visando a melhoria das condições de vida da população em geral, fizeram com que Ellen se tornasse uma referência (Talbot, 1985).

Enquanto educadora, Ellen¹ foi a primeira instrutora mulher do MIT, ocupando o cargo de liderança no laboratório de Química Sanitária desde 1886 até seu falecimento. Os

¹ O uso do sobrenome do marido se tornou uma prática fortemente estabelecida em um período em que a mulher, após o casamento, tinha sua identidade legal fundida a de seu esposo. Somente a partir da década de 1970 que tal prática passou a ser optativa nos Estados Unidos (Gorence, 1976). Aproveitamos o ensejo para informar que sempre que for possível iremos nos referir à pesquisadora somente por seu primeiro nome: Ellen. Nosso objetivo é não condicionar sua história a seu casamento.

métodos de análise estabelecidos no laboratório, liderado por ela, possibilitaram aos EUA se destacarem rapidamente nos padrões de saneamento mundial. O curso de Engenharia Sanitária ofertado pelo instituto, e desenvolvido por Ellen, foi o primeiro dessa área a ser oferecido no mundo e levou à criação de laboratórios similares em diferentes países (Swallow², 2014).

Apesar da vasta contribuição da cientista para diferentes áreas da Química e para a comunidade, essa pesquisa dará enfoque nas estratégias de ensino aplicadas por Ellen Richards para essa ciência, as quais se diferenciam quando na presença de públicos distintos, buscando entender como e por que isso ocorria.

As estratégias de ensino aplicadas por Ellen em suas aulas, presenciais ou por correspondência, apresentaram resultados significativos quando observamos seus impactos no sistema educacional estadunidense. A cientista alcançou sucesso em influenciar a progressão do sistema educacional do MIT, além de expandir o acesso ao conhecimento científico para mulheres no seu país e no Canadá. Seu trabalho como instrutora de Química Sanitária resultou ainda em um impacto mundial, quando sua metodologia e pesquisa alcançaram os laboratórios de diferentes partes do mundo, o que prova a excelência de suas contribuições científicas.

Diante do impacto gerado pelas estratégias de ensino aplicadas por Ellen Richards, esta pesquisa busca contribuir para o aprofundamento do conhecimento e para o debate histórico sobre a importância das práticas de comunicação no ensino. Para isso, realiza-se um estudo de caso que compara documentos históricos da cientista e educadora, com o intuito de identificar como Ellen adaptou as informações sobre Química Sanitária e sobre sua metodologia de análise de água para diferentes públicos.

Ao analisar suas produções científicas, centradas em um mesmo tema, porém direcionadas a públicos distintos, com construções sociais e de gênero díspares, busca-se debater as diferenças em suas estratégias de ensino e inferir sobre sua intenção no que diz respeito ao discurso escolhido para cada público-alvo durante um período de intensas transformações tecnológicas, científicas e sociais.

Entendemos que essa divisão de público-alvo foi feita a partir da divisão de gêneros, tendo em vista que no final do século XIX e início do século XX, as mulheres enfrentavam fortes barreiras para ingressar e se afirmar no meio científico, muitas vezes sendo desestimuladas ou até excluídas de atividades consideradas masculinas. Ellen, ciente dessas

² Trata-se de Pamela Curtis Swallow (1945-morte), prima de Ellen, com quatro gerações de diferença, que em 2014 procedeu com a escrita de uma biografia completa da cientista.

limitações impostas às mulheres, buscava criar ambientes de ensino mais acolhedores e equitativos, onde as alunas, e donas de casa, pudessem se expressar com liberdade e desenvolver suas habilidades sem a pressão ou a competição desigual com os colegas homens. Além disso, ela acreditava que a educação científica das mulheres era essencial para melhorar a qualidade de vida nas famílias e na sociedade, especialmente por meio da Economia Doméstica, e, por isso, priorizava uma formação direcionada às necessidades e realidades femininas da época.

Ao identificar como Ellen adaptou as informações científicas para diferentes e múltiplos públicos será possível investigar a relação de seus discursos entre gênero e público-alvo. Nesse sentido, esse estudo busca entender as percepções e as metodologias de Ellen, partindo de uma pesquisa científica histórica que tem como finalidade contribuir para a compreensão das práticas retóricas³ do passado, que pode vir a enriquecer as práticas atuais de comunicação e ensino.

Sendo assim, o foco desse estudo se volta para as estratégias de ensino das obras selecionadas da Ellen, e também para as pessoas para as quais esses materiais foram escritos, analisando os sistemas de poder implícitos nas relações sociais de cada público-alvo. Considerando que, contextualizar os textos de acordo com sua realidade social, permite uma compreensão de como as práticas de ensino são influenciadas por questões políticas e culturais, que leva ao pensamento analítico sobre a teoria e prática pedagógica atual (Lippincott, 2003).

1.1 OBJETIVOS

A seguir serão apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos que guiaram essa pesquisa.

1.1.1 Objetivo Geral:

³ Utilizamos os termos “retórica” e “estratégias de comunicação” para nos referirmos às escolhas de palavras, exemplos e métodos de ensino adotados por Ellen Richards, conforme o perfil de cada turma, diferenciadas, sobretudo, pelo gênero dos alunos. Embora a palavra “retórica” seja comumente associada a discursos orais, seu significado mais amplo abrange técnicas de comunicação, tanto verbais quanto não verbais, empregadas com o objetivo de informar, influenciar e convencer o público, algo que Ellen realizava com eficácia por meio de seus materiais didáticos.

Analisar as estratégias pedagógicas adotadas por Ellen Swallow Richards na interlocução com diferentes públicos, bem como discutir a relevância da metodologia de análise química da água por ela desenvolvida e amplamente difundida em instituições de ensino.

1.1.2 Objetivos Específicos:

- a) compreender as estratégias de ensino de Ellen Richards, a partir da análise de quatro livros escritos pela cientista;
- b) destacar a importância das diferentes estratégias utilizadas pela cientista sob a perspectiva da heterogeneidade escolar entre os públicos femininos e masculinos daquele período;
- c) investigar a atuação de Ellen em relação à saúde e meio ambiente, especialmente no que tange à análise de águas;
- d) realizar um projeto de extensão baseado nas estratégias de ensino de Química Sanitária aplicada por Ellen Richards, para desenvolvimento em comunidades rurais e periféricas, no ensino da avaliação da potabilidade da água.

1.2 METODOLOGIA

Até o final da década de 60 e o início da década de 70, do século XX, era predominante o estudo interno das ciências, em uma abordagem conceitual, que tem como principal foco a discussão de fatos de natureza científica, delimitada a um conceito e assunto específico (Almeida, 2023). Com o decorrer dos estudos em História da Ciência, uma tendência externalista foi estabelecida, com trabalhos que estudam os fatores extracientíficos, como influências sociais, políticas, econômicas (Martins, 2005).

Essa tendência se consolidou a partir do II Congresso Internacional de História da Ciência e da Tecnologia (1931), em Londres, quando Boris Hessen (1893-1936), apresentou seu artigo “As raízes sociais e econômicas dos Principia de Newton”⁴, em que considerava que a compreensão dos conceitos científicos investigados não pode se restringir somente à sua evolução lógica e aos aspectos internos das teorias, como propõe a abordagem internalista,

⁴ HESSEN, Boris. As raízes sociais e econômicas dos Principia de Newton. In: GAMA, Ruy (org.), Ciência e técnica. São Paulo: T.A. Queiroz, 1993, pp. 30-89

mas deve também incorporar a análise das condições históricas, sociais, econômicas e culturais que influenciam a produção e o desenvolvimento desses conceitos (Agata, 2025).

Assim, neste projeto serão investigados os fatores conceituais (internos) do ensino de Química Sanitária, assim como os fatores não conceituais (externos) implícitos no conteúdo dos materiais publicados por Ellen Swallow Richards, que envolvem a metodologia utilizada e suas aplicações na Química Sanitária.

Sendo assim, em uma vertente metodológica qualitativa esta pesquisa será fundamentada em Estudo de Caso, em que será possível contemplar as questões científicas e extracientíficas. Segundo os referenciais dessa metodologia (Yin, 2001; Martins, 2006), as pesquisas baseadas em Estudo de Caso permitem a compreensão de fenômenos sociais e políticos, preservando as características holísticas e significativas dos eventos conceituais estudados. Essa perspectiva se mostra especialmente pertinente para esta investigação, uma vez que possibilita articular elementos internos à construção do conhecimento científico, como os conceitos de Química Sanitária e as práticas pedagógicas, com fatores externos, como demandas sociais, condições históricas e públicos-alvo distintos, em consonância com uma leitura que integra as dimensões internalistas e externalistas da ciência.

Com a finalidade de alcançar os objetivos listados acima, é preciso investigar “como” e “por que” Ellen Richards fez uso de diferentes estratégias quando direcionou o ensino de Química Sanitária para diferentes públicos, além de discutir a importância dessas diferentes estratégias de ensino quando iniciamos, enquanto professores e cientistas, o processo de ensino dos conceitos científicos em diferentes grupos sociais.

Para isso, o Estudo de Caso permite um caminho exploratório dessas questões, o que poderia ser alcançado na pesquisa histórica, mas com o diferencial de permitir a investigação de variadas evidências e ainda conseguir focalizar em acontecimentos contemporâneos (Yin, 2001), como é o caso do ensino da avaliação da potabilidade da água em comunidades com difícil acesso ao conhecimento científico. O que corrobora com nossa questão de pesquisa que busca investigar como as metodologias de ensino nas obras publicadas por Richards se diferenciam para múltiplos públicos e porque essa diferenciação foi aplicada em suas aulas de Química Sanitária.

Os materiais foram analisados apoiando-se no referencial teórico da Análise de Conteúdo pela concepção de Bardin (2011, p.48) que se constitui como:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos, sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de

conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (...) destas mensagens.

A análise de conteúdo tem como objetivo identificar – a partir das inferências – as características específicas de uma mensagem. Busca responder perguntas a respeito de “quem diz o que, a quem, como, com que efeito e por quê?” (Franco, 2012, p. 26). Em outras palavras, é a manipulação de mensagens (conteúdo e expressão desse conteúdo) para evidenciar os indicadores que permitam inferir sobre uma realidade que não a da mensagem (Bardin, 2011, p. 52). Nesse sentido, partindo de uma leitura analítica, o investigador (ou analista) deve se indagar sobre as características do texto, as causas e/ou os antecedentes da mensagem, bem como os efeitos de tal comunicação.

Para isso, devemos nos basear no conteúdo manifesto e explícito para iniciar o processo de análise, sendo o material escrito nosso ponto de partida. A seguir devemos proceder com a análise e a interpretação dos conteúdos obtidos, considerando a contextualização como um dos principais requisitos para garantir a relevância dos resultados a serem divulgados (Franco, 2012).

Inicialmente, procedemos com a etapa de Pré-Análise, que se trata da fase de organização do estudo que tem por objetivo sistematizar as ideias iniciais de maneira a criar um sistema que permitirá a leitura analítica dos materiais a serem analisados. “Geralmente esta fase possui três missões: a *escolha dos documentos* a serem submetidos à análise, a formulação *das hipóteses* e dos *objetivos* e a *elaboração de indicadores* que fundamentem a interpretação final” (Bardin, 2011, p. 125).

Esses três momentos podem acontecer na ordem apresentada no parágrafo anterior ou não, mas sempre se mantêm estreitamente ligadas entre si. Durante a elaboração do projeto de doutorado foi realizada uma leitura flutuante em diferentes materiais escritos por Ellen Richards a fim de definir a escolha dos materiais a serem analisados, os quais foram: *Air, Water, and Food from a sanitary standpoint* (1909), *Laboratory notes: sanitary chemistry and water analysis* (1896), *The Chemistry of Cooking and Cleaning* (1882) e *Sanitation in Daily Life* (1907).

Essas obras foram selecionadas por abordarem, de forma direta, as temáticas que compõem os objetivos desta pesquisa, a análise do ar, dos alimentos e da água, elementos centrais na consolidação da Química Sanitária proposta por Ellen Richards. Além disso, a escolha se justifica pela diversidade dos públicos a que se destinam: enquanto *Laboratory Notes: Sanitary Chemistry and Water Analysis* (1896) e *Air, Water, and Food from a Sanitary*

Standpoint (1909) foram elaborados como materiais didáticos voltados aos estudantes do MIT, com caráter técnico e científico, *The Chemistry of Cooking and Cleaning* (1882) e *Sanitation in Daily Life* (1907) foram escritos para o público em geral, especialmente para mulheres, com o propósito de divulgar o conhecimento químico aplicado ao cotidiano doméstico. Essa diferenciação de público permite compreender como Ellen adaptava a linguagem, o conteúdo e os exemplos utilizados, de modo a tornar a ciência acessível e socialmente significativa em diferentes contextos educativos.

Nessa mesma etapa fomos capazes de definir os objetivos do estudo, já elucidados anteriormente nesse documento, seguido da definição da dimensão e das direções da análise. A escolha dos materiais seguiu as quatro regras descritas por Bardin (2011): a regra da exaustividade, da representatividade, da homogeneidade e da pertinência.

Segundo a regra da exaustividade, Bardin (2011, p. 126) infere que “uma vez definido o campo do corpus [...] é preciso terem-se em conta todos os elementos desse corpus”. Nesse sentido, tivemos acesso à bibliografia da autora, presente na página oficial do MIT⁵ na qual estão elencados 33 livros escritos por Ellen – incluídas as reedições de cada livro – dos quais quatro foram selecionados pelos critérios descritos acima, respeitando a regra da representatividade que expõe que “a análise pode efetuar-se numa amostra desde que o material a isso se preste. A amostragem diz-se rigorosa se a amostra for uma parte representativa do universo inicial. Neste caso, os resultados obtidos para a amostra serão generalizados ao todo” (Bardin, 2011, p. 127).

A escolha dos materiais foi fundamentada, ainda, na regra da homogeneidade que afirma que “os documentos [...] devem obedecer a critérios precisos de escolha e não apresentar demasiada singularidade fora desses critérios” (Bardin, 2011, p. 128). Os temas a serem analisados nessa tese – ar, alimentos e água – estão compreendidos nas obras selecionadas e, por isso, obedecem aos critérios precisos de escolha. Ademais, a seleção dos materiais para análise segue a regra da pertinência que conclui que “os documentos retidos devem ser adequados, enquanto fonte de informação, de modo a corresponderem ao objetivo que suscita a análise” (Bardin, 2011, p. 128).

Após a definição dos objetivos do estudo, partimos para a delimitação das unidades de análise, especialmente as unidades de registro. Entendemos que para a Análise de Conteúdo

⁵ Disponível em <https://wayback.archive-it.org/7963/20190702120221/https://libraries.mit.edu/archives/exhibits/esr/esr-bibliography.html>. Acesso em 31 de out. de 2025 às 11:46.

de materiais destinados para a comunicação de massa, como é o caso de livros, é importante que haja uma combinação dessas unidades para “garantir a possibilidade de realização de análises e interpretações mais amplas e que levem em conta as variadas instâncias de sentido e de significados implícitos nas comunicações” (Franco, 2012, p. 49).

Dessa forma, seguimos para etapa seguinte de exploração do material, em que “os resultados brutos são tratados de maneira a serem significativos e válidos” de forma que “o analista, tendo à sua disposição resultados significativos e fiéis, pode então propor inferências e adiantar interpretações a propósito dos objetivos previstos” (Bardin, 2011, p. 131). Nessa etapa, trabalhamos com as seguintes unidades de registro: tema e personagem.

A unidade de registro é a menor parte do conteúdo, cuja ocorrência é registrada de acordo com as categorias levantadas (Franco, 2012). Escolhemos trabalhar com o tema por corresponder a um assunto ou núcleo de sentido que emerge do texto, podendo ser uma palavra, uma frase ou um parágrafo, que sintetiza o conteúdo de um trecho. A análise temática permite identificar a frequência e a importância de cada tema dentro do corpus e ajuda a compreender os significados e as posições do autor expressas nos textos analisados.

Além disso, trabalhamos também com a unidade de registro de personagem, em que a análise se volta para a presença e o papel dos personagens nos textos: quem fala, a quem é direcionado o material, como é representado e em que contexto aparece. O personagem pode representar uma pessoa real, como é o caso da autora analisada ou um tipo social, como o público-alvo a quem se destinam os materiais analisados (Bardin, 2011).

A partir dessas unidades pretendemos discutir e analisar as questões temáticas atribuídas pela cientista Ellen Richards em seus materiais escritos, e, ainda, validar os atributos implícitos em diferentes trechos que demonstram quais dados foram predominantes em cada texto.

Definidas essas unidades, organizamos as análises e a definição das categorias. A princípio, durante a exploração do material, foram identificadas categorias iniciais que emergiram do material, de forma aberta e indutiva, sem imposição de estruturas pré-concebidas. Em seguida, procedemos com a categorização que foi realizada *a posteriori*, após a leitura de todos os materiais. Segundo Franco (2012, p. 66), as categorias *a posteriori*

[...] vão sendo criadas à medida que surgem nas respostas, para depois serem interpretadas à luz das teorias explicativas. Em outras palavras, o conteúdo que emerge do discurso, é comparado com algum tipo de teoria. Infere-se, pois, das diferentes “falas”, diferentes concepções de mundo, de sociedade, de escola, de indivíduo, etc.

Os dados obtidos após a categorização foram organizados em subtópicos no texto, facilitando a visualização e interpretação dos resultados. Por fim, prosseguimos com a análise e interpretação dos dados buscando-se padrões, relações e significados subjacentes ao conteúdo textual.

Com isso, pretende-se alcançar os objetivos da pesquisa de forma a enriquecer as práticas atuais de comunicação e ensino ao investigar as estratégias de ensino de Ellen Richards quando abordadas suas metodologias aplicadas no ensino de Química Sanitária.

2 REVISÃO SISTEMÁTICA

A elaboração de uma Revisão Sistemática da Literatura, de qualquer temática, agrega valor relevante à uma pesquisa acadêmica visto que proporciona uma visão geral do desenvolvimento de uma determinada área do conhecimento, aponta tendências e, ainda, evidencia carências do campo de estudo. Nas palavras de Bourdieu (2004, p. 25):

Os pesquisadores ou as pesquisas dominantes definem o que é num dado momento do tempo, o conjunto de objetos importantes, isto é, o conjunto de questões que importam para os pesquisadores, sobre os quais eles vão concentrar seus esforços.

Dessa forma, o objetivo de uma Revisão Sistemática é tentar responder o que tem sido destacado e estudado nas áreas de pesquisa, quais aspectos se demonstram mais relevantes e como tais conhecimentos são publicados. Nesse sentido, nosso objetivo é analisar os materiais existentes na literatura a fim de investigar as estratégias utilizadas nas metodologias de ensino aplicadas pela cientista e educadora Ellen Swallow Richards.

Ao longo da delimitação do tema abordado na tese, o constante contato com a heterogeneidade escolar durante o exercício da prática docente nos chamou atenção. Onde em cada sala de aula o professor encontrará um ambiente diferente no que diz respeito ao conhecimento prévio dos estudantes, suas vivências sociais e culturais, e necessitará adotar estratégias de ensino que melhor funcionem para seu público-alvo (Junior; Stein, 2017).

A partir da compreensão de que a HC representa uma oportunidade de investigar diferentes metodologias de ensino e, com isso, proporcionar aos educadores informações que os coloquem em contato com essas estratégias, é que nossa questão de pesquisa se definiu. As estratégias de ensino aplicadas por Ellen em suas aulas, presenciais ou por correspondência, apresentaram resultados significativos quando observamos seus impactos no sistema educacional estadunidense.

Com o objetivo de melhor compreender o que se sabe a respeito de suas estratégias e metodologias de ensino, iniciamos nosso trabalho com a busca dos apontamentos que existem na literatura acerca da cientista, em específico:

- a) publicações biográficas;
- b) publicações relacionadas à Química Sanitária;
- c) publicações referentes à sua estratégia de ensino.

No Quadro 1 consta os descritores, bem como suas combinações, usados para examinar as publicações. Como nosso objetivo centrou-se na investigação de publicações

nacionais e internacionais optamos por descritores em Português, Inglês e Espanhol, como se segue.

Além disso, optamos por não estabelecer um recorte temporal prévio para a seleção dos trabalhos. Considerando que a temática abordada apresenta uma produção científica relativamente exígua, a imposição de um recorte temporal poderia restringir de forma significativa o *corpus* de análise, comprometendo a abrangência da pesquisa. Ademais, por se tratar de uma cientista do século XIX, entendemos que a compreensão de suas contribuições sugere um olhar que atravesse diferentes períodos históricos, permitindo identificar tanto os registros mais próximos de sua época quanto as interpretações contemporâneas de sua obra.

Quadro 1 – Combinação de Descritores

Combinação de Descritores	Português	Inglês	Espanhol
Combinação 01	“Ellen Richards” “Biografia”	“Ellen Richards” “Biography”	“Ellen Richards” “Biografía”
Combinação 02	“Ellen Richards” “Química Sanitária”	“Ellen Richards” “Sanitary Chemistry”	“Ellen Richards” “Química Sanitaria”
Combinação 03	“Ellen Richards” “Análise de Água”	“Ellen Richards” “Water Analysis”	“Ellen Richards” “Análisis de Agua”
Combinação 04	“Ellen Richards” “Metodologia de Ensino”	“Ellen Richards” “Teaching Methodology”	“Ellen Richards” “Metodología de Enseñanza”
Combinação 05	“Ellen Richards” “Estratégias Retóricas”	“Ellen Richards” “Rhetorical Strategies”	“Ellen Richards” “Estrategias Retoricas”
Combinação 06	“Ellen Richards” “Metodologia de Ensino” “Estratégias Retóricas”	“Ellen Richards” “Teaching Methodology” “Rhetorical Strategies”	“Ellen Richards” “Metodología de Enseñanza” “Estrategias Retoricas”

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Como fonte de busca, inicialmente optamos por analisar o Periódicos CAPES, um dos maiores acervos científicos virtuais do país, contando com quase 50 mil periódicos, tais como patentes, teses, livros e obras de referência. Ao inserir o descritor “Ellen Richards” foram encontrados 108 resultados, dos quais somente 38 correspondem à artigos científicos, todos em inglês.

Através dos campos de interesse desse trabalho, já citados acima, os resultados foram filtrados seguindo a combinação de descritores apresentada no Quadro 1. O filtro da primeira

combinação gerou um total de 3 resultados, o da segunda combinação gerou 2 resultados e o filtro da terceira combinação levou a 3 resultados, porém nenhum artigo se relaciona à cientista. O filtro da quarta combinação de descritores não gerou nenhum resultado relacionado às metodologias de ensino de Ellen Richards, assim como na sexta combinação de descritores, por fim, o filtro aplicado com a quinta combinação de descritores do Quadro 1 gerou um resultado. Em resumo, o descritor “Ellen Richards” somado às combinações citadas acima, gerou um número de materiais, disponíveis no Periódicos CAPES, pertinentes para nossa pesquisa de 6 artigos científicos.

Diante de resultados tão exíguos, foi realizada uma busca manual em revistas, nacionais e internacionais, de grande representatividade para a Química, para o Ensino de Química e para a História da Ciência, sendo elas: Química Nova; Revista Brasileira de História da Ciência; Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências; Ciência & Educação; Química Nova na Escola; Investigações em Ensino de Ciências; Ensaio; Anais da Academia Brasileira de Ciências; Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias; Enseñanza de las Ciencias; Journal of Chemical Education; Chemical Education Research and Practice; International Journal of Research in Education and Science; Studies in History and Philosophy of Science; Analyst; New Journal of Chemistry; e Environmental Science: Water Research & Technology. Dessas, somente duas apresentaram resultados, sendo essas: Journal of Chemical Education (JCE) e Analyst. Além das revistas, o indexador SciELO também foi consultado, sem retorno de nenhum arquivo nos filtros aplicados.

Mencionamos aqui as revistas que não retornaram nenhum artigo relacionado à nossa pesquisa para que fique registrado quais revistas foram pesquisadas e analisadas e, também, para ressaltar a exiguidade de publicações referentes à nossa temática, visto que de 19 acervos consultados somente 3 apresentaram retorno, e ainda assim em um número que expressa a possibilidade de maior contribuição nesse campo. É válido ressaltar, ainda, que nenhuma publicação foi encontrada quando utilizados os descritores em Português e Espanhol, o que nos permite inferir que em nossa língua a carência de trabalhos é ainda mais expressiva, no que diz respeito à temática discutida no começo desse capítulo.

A *Journal of Chemical Education*, publicada desde 1924, é a principal revista de Educação em Química do mundo e aborda, em geral, conteúdos químicos, experimentais e pedagógicos, de interesse dos pesquisadores dessa área. Seguindo o mesmo procedimento adotado durante a busca no Periódico CAPES, foram encontrados 16 resultados na JCE, dentre os quais apenas 4 de fato abordam conteúdos referentes à cientista.

A revista *Analyst*, associada à *Royal Society of Chemistry*, publica trabalhos analíticos e bioanalíticos que evidenciam as principais descobertas da área, bem como suas aplicações. Dessa forma, por buscarmos em um dos nossos descritores artigos referentes à análise de água e química sanitária, optamos por inserir a revista em nosso alvo de pesquisa. O mesmo procedimento adotado na busca manual da JCE rendeu 5 resultados na *Analyst*, em que, dentre esses, apenas 1 é referente à artigo científico e têm relação direta com Ellen Richards e nossa pesquisa.

Tabela 1 - Relação dos periódicos e indexadores com o número de artigos resgatados.

Nome das Revistas e Periódicos	Número de Artigos Analisados
Periódicos CAPES	6
Journal of Chemical Education	4
Analyst	1
Total: 3 acervos eletrônicos	Total: 11 arquivos

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

Começamos pelos seis artigos selecionados do Periódico CAPES, e faremos aqui uma análise de seu conteúdo por ordem cronológica como se segue: Mason (1909), Rosen (1974), Biermann e Bradley (1999), Richardson (2002), Lippincott (2003) e Robinson (2014).

No artigo de Mason (1909), o autor elabora uma resenha do livro “*Laboratory Notes on Industrial Water Analysis. A Survey Course for Engineers*” publicado por Ellen Richards, em 1908. Mason apresenta a divisão dos conteúdos feita por Richards em sua publicação e reafirma a importância do livro para engenheiros, especialmente aqueles envolvidos com águas de caldeira⁶.

Mason (1909) aponta a relevância da cientista no campo de análise de água e sugere que seus trabalhos contribuem para situações que muitas vezes são ignoradas e subvalorizadas. Para o autor, o trabalho de Richards é escrito em uma perspectiva que permite com que o leitor entenda que uma água que não seja satisfatória para determinado fim pode ser bastante satisfatória para outro, seja por meio de tratamentos específicos ou não. Por fim, o autor reconhece a expressividade de Richards no campo de análise de água ao inferir que

⁶ O tratamento de água para caldeira é importante na otimização da geração de vapor, a fim de deixar o procedimento mais seguro, visto que “o uso de uma água subtratada para caldeiras de altas pressão, podendo ocasionar acidentes e incidentes de pequenas proporções ou até grandes explosões” (Santos; Fraga, 2017).

sua experiência em tal campo é excepcional, de forma que qualquer publicação redigida pela cientista é de grande valia.

O artigo de Rosen (1974) traz um resumo da vida acadêmica e profissional de Richards, sob a perspectiva de seus trabalhos como Química Sanitária e suas contribuições para o campo da saúde pública. Embora o autor cite os principais trabalhos da cientista na análise de água, o artigo explora para além disso ao reconhecer a importância de suas pesquisas no que diz respeito à saúde pública em geral, como estudos sobre o ar, alimentos, poluição.

Destaca-se, ainda, no artigo, o fato do autor discutir o papel de Ellen Richards como professora. Para ele, Richards foi essencial no treinamento dos jovens estudantes do Instituto de Tecnologia de Massachusetts no que se relaciona à formação de engenheiros sanitários e de químicos. Durante seus 27 anos como instrutora de Química Sanitária, Ellen lecionou sobre análise de água e de esgoto, bem como análise do ar em relação à ventilação e poluição. Por fim, o artigo frisa a significativa colaboração de Richards para a educação de mulheres no campo da Ciência nos EUA e Canadá.

O trabalho de Biermann e Bradley (1999) trata da extensa contribuição de mulheres para o campo da ecologia e para movimentos de preservação ambiental. Nesse sentido, as autoras versam sobre o pioneirismo de Richards na área, ao apontarem a cientista como a principal responsável por dar início ao processo de mudança na categorização de mulheres – entre amadoras e profissionais – nas ciências ambientais.

Ao considerarem o estabelecimento da Ecologia a partir dos trabalhos da cientista, as autoras a apontam como a primeira mulher a incluir na Ciência, estudos sobre o meio ambiente, nutrição e saúde pública, em uma única disciplina. Além disso, inferem que enquanto pesquisadora e professora, Richards foi responsável por promover a junção de análises químicas, engenharia sanitária e medicina para assim sistematizar a Ecologia.

Em um contexto diferente dos artigos anteriores, Barbara Richardson (2002) versa sobre a colaboração de Ellen Richards para a Sociologia. Ainda que seja distante da Ciência normalmente estudada e aplicada por Ellen, a Sociologia esteve ao redor de suas pesquisas no que se refere à aplicação de métodos científicos para a solução de problemas sociais da época. A exemplo, seus estudos em Economia Doméstica discutiram o papel econômico da mulher na manutenção do capitalismo por meio de seu trabalho não remunerado dentro do lar.

A autora traz reflexões importantes a respeito do impacto gerado no meio social a partir dos trabalhos e estudos científicos de Richards, em especial no que tange à Ecologia.

Ao inserir o homem no cuidado direto com o meio em que vive, Ellen colaborou para a fundação de organizações reformistas na esfera social e política, o que demonstra o impacto direto da Ciência na realidade social e cultural dos seres humanos.

O artigo de Lippincott (2003) tem especial relevância em nossa pesquisa visto que é o único a empregar perspectivas feministas para investigar as estratégias retóricas usadas por Ellen Richards em seus artigos científicos a respeito da Ciência da Nutrição. Embora o contexto analisado seja diferente do abordado em nosso projeto, o artigo se assemelha à nossa pesquisa ao buscar compreender como e por que se faz necessário o emprego de diferentes estratégias retóricas para comunicação científica quando em presença de públicos distintos, em relação ao gênero.

O artigo adiciona complexidade, conhecimento e embasamento histórico ao questionar como o gênero – seja do escritor, do público ou da natureza do tópico – influencia a estratégia de comunicação do escritor enquanto ao mesmo tempo evidencia a presença de mulheres do desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia.

O último e mais recente artigo encontrado no Periódico CAPES, escrito por Lynne Robinson (2014) contribui para a discussão do pioneirismo da pesquisadora. Por se tratar de uma publicação da *The Minerals, Metals & Materials Society*, o foco da escrita está voltado para a colaboração de Richards no campo da Mineralogia.

Além de apresentar dados biográficos relevantes sobre a cientista, como seu primeiro contato com a educação formal, as condições em que ingressou no MIT, bem como as dificuldades enfrentadas ao longo de seu fazer científico, a autora discute convenções sociais que obstaculizaram a pesquisa de Ellen na Mineralogia. Um fato em destaque era a obrigatoriedade de estar vestida constantemente com saias pesadas, espartilhos e anáguas durante as expedições que realizava no fim dos anos 1800.

Robinson (2014) discute as barreiras enfrentadas por mulheres ao longo de suas trajetórias, em que mesmo após superarem proibições ainda haviam de lidar com imposições masculinas que as impediam de realizar seus trabalhos com as mesmas condições ofertadas a seus colegas homens.

Finalizando a análise dos artigos encontrados no Periódico CAPES, cabe esclarecer que nenhum desses trabalhos tem seus objetivos de pesquisa voltados para a investigação da

metodologia de ensino de Richards e, inclusive, não fazem menção ao termo no corpo do texto⁷.

Na revista internacional *Journal of Chemical Education* (JCE) encontramos 4 artigos, que também serão apresentados cronologicamente, como se segue: Billinger (1930), Doolittle (1945), Rice (2002), Bohning (2003).

O artigo escrito por Billinger (1930) aborda a vida e a carreira do químico estadunidense Thomas Messinger Drown (1842-1904), porém faz importantes considerações acerca da colaboração do cientista com Ellen Richards durante sua atuação no MIT como chefe do departamento de Química Analítica.

O autor ressalta a importância do trabalho desenvolvido por Drown sob a direção imediata de Ellen para o Conselho de Saúde de Massachusetts na investigação de fontes de abastecimento de água. A concentração de cloro foi o principal parâmetro utilizado nessa pesquisa a fim de determinar níveis de toxicidade e poluição⁸, resultando em uma das maiores contribuições da pesquisa de Ellen: o *Normal Chlorine Map*, que se tornou modelo para pesquisas sanitárias a respeito da qualidade da água nos EUA e no mundo, sendo usado até hoje por químicos sanitários.

Doolittle (1945) faz em seu artigo uma análise da vida, dos percalços e das pesquisas de variadas mulheres na Ciência. Entre Marie-Anne Lavoisier (1758-1836), Jane Marcet (1769-1858) e Marie Curie (1867-1934) encontramos o trabalho de Ellen Richards.

A autora vai além de citar os trabalhos desenvolvidos pela cientista e faz especial menção à Ellen como figura determinante no estabelecimento da química aplicada. Segundo Doolittle (1945) a forma prática de Ellen dispor seu conhecimento químico era incomum e pioneira. Tal reflexão, acerca da aplicabilidade de seus estudos no dia a dia da comunidade, traz à tona a discussão do que possivelmente contribuiu para que Richards não seja frequentemente lembrada como uma cientista renomada.

O artigo aponta que a pesquisadora poderia ser um expoente na chamada ‘Ciência Pura’ caso optasse por não empenhar tanto tempo e esforço em seus projetos para saúde pública, nutrição e economia doméstica. Doolittle (1945) cita como exemplo sua contribuição na Mineralogia, em que previu a existência de novos elementos em uma amostra de

⁷ Ainda que o trabalho de Lippincott (2003) analise as escolhas textuais empregadas pela cientista em seus artigos científicos, o estudo não busca investigar as metodologias de ensino de Richards, e sim a diferença na comunicação de conteúdos científicos para públicos femininos e masculinos no contexto de palestras e eventos, não no contexto escolar e/ou formativo.

⁸ Isso foi possível pelo fato de águas marinhas não entrarem no estudo.

samarskitas, um raro mineral radioativo coletadas na Carolina do Norte. Anos mais tarde, os elementos samário e gadolínio foram recuperados deste mesmo material por dois químicos franceses.

Richard Rice (2002), autor de outros artigos a respeito de Ellen Richards, traz nesse trabalho a visão do químico e educador Charles Edward Munroe (1849–1938) a respeito dos motivos pelos quais se deve estudar e ensinar Química. Dentre os seis motivos apresentados no artigo, a importância dos conhecimentos químicos como meio de melhoria das condições da humanidade ao aprimorar e cuidar de seu ambiente é citada.

O autor apresenta a referência de Munroe à Richards como uma das principais cientistas envolvida na aplicação da Ciência ao meio ambiente e à vida do ser humano. Assim como no trabalho de Doolittle (1945), Rice (2002) destaca as investigações de Richards no contexto da análise de alimentos, medicamentos, água e ar. De acordo com o autor, a aplicação da Ciência, em especial da Química, para a melhoria da vida humana é uma das principais funções da área, embora existam pouquíssimos exemplos notáveis dessa aplicação, como Ellen Richards.

Bohning (2003) aborda em seu artigo o esforço realizado durante anos para criar uma organização nacional de educação química nos EUA. O autor relata a contribuição de diversos educadores químicos para tal organização e despertou nosso interesse por descrever Ellen como educadora.

Segundo o autor, Ellen frequentemente escrevia para Seção C (química) da *American Association for the Advancement of Science* (AAAS) especialmente relacionando a educação em química com a inclusão de mulheres por meio da ‘Química Doméstica’. Além disso, Ellen foi uma das principais palestrantes nos simpósios dedicados à discussão da pedagogia e didática envolvidas no ensino de Química. Um desses simpósios ocorreu no ano de 1896, em Buffalo, Nova York, onde discutiu-se alguns desafios no ensino de química, como a importância exacerbada que era – e muitas vezes ainda é – dada à memorização de símbolos e informações, quando na verdade o tempo empregado nessa prática seria melhor aplicado na tentativa de compreender os conceitos químicos.

Bohning (2003) descreve Richards como uma professora prestativa, tanto nas aulas ministradas no MIT, quanto em suas palestras nas *Lowell Lectures*, nos simpósios da AAAS e no *Women’s Laboratory*. O autor retrata a cientista como uma educadora com um dom raro de liderança e organização, além de ser especialmente dedicada a servir aos outros, em particular no que tange à promoção e ao avanço da educação científica de mulheres.

Percebe-se uma relação entre os artigos analisados da JCE, em que o retorno da nossa pesquisa se deu devido ao corpo do texto conter o nome de Ellen Swallow Richards. Em todos os artigos supracitados os autores têm como tema central outros pesquisadores ou uma visão geral da educação em Química. Entendemos, a partir disso, a influência que a cientista teve no desenvolvimento científico e educacional dos séculos XIX e XX, seja diretamente por meio de suas pesquisas e resultados, ou através de suas contribuições sociais.

Dentro do acervo pesquisado da revista *Analyst*, o único artigo encontrado que atendeu a uma das combinações dos descritores foi o de Richmond (1892). Nesse trabalho o autor reúne uma série de testes analíticos desenvolvidos na época em questão e considerados inovadores. Dentre testes que buscavam examinar óleos de hortelã, processos para determinação de fenol ou a determinação de sílica em substâncias contendo flúor, encontramos um teste proposto por Richards para determinar a presença de sais de alumínio em água potável.

O autor descreve a proposta da cientista como um teste delicado, em que se utiliza lascas de uma madeira característica do México, chamada pau-campeche. As lascas são fervidas de três a quatro vezes com água quente até que se extraia um pigmento de coloração vermelho intenso, advindo da hemeína. Na presença de sais de alumínio, a solução de hemeína passa de vermelho para um preto violeta, a partir da formação de complexos com Al (III).

Richmond (1892) relata que o teste caracterizado pela cientista permite a detecção de alumínio em 1 parte por milhão, o que para época garantia uma precisão importante na análise de águas potáveis, mais uma vez indicando Richards como um expoente no que diz respeito à análise de água.

Entendemos, com base nessa revisão, que o número de materiais publicados a respeito da cientista é ínfimo e limitado. A falta de discussões e pesquisas existentes, no que diz respeito às metodologias de ensino aplicadas por Ellen, demonstra que a área ainda é relativamente inexplorada, o que a torna um campo fértil para a exploração e contribuição acadêmica. Além disso, a ausência de artigos pode indicar que há uma necessidade de mais pesquisas nessa área específica, uma vez que pode haver questões ou problemas que ainda não foram abordados.

3 ELLEN SWALLOW RICHARDS: UMA BREVE BIOGRAFIA

Ellen Henrietta Swallow Richards emergiu como uma figura paradigmática na história da ciência dos Estados Unidos, por suas contribuições à química e à ecologia, e também por seu papel fundamental na abertura de espaços acadêmicos para mulheres em um período marcado por rígidas barreiras de gênero. Nascida em Dunstable, Massachusetts, em 1842, Ellen enfrentou desde cedo as limitações impostas a mulheres em contextos rurais do século XIX, onde as oportunidades educacionais formais eram escassas, agravadas ainda mais por seu gênero (Hunt, 1912).

No início de sua vida escolar, o acesso à educação era um problema. O ensino para meninas e mulheres era considerado desnecessário e, portanto, não era obrigatório. Dessa forma, as jovens que tivessem interesse e, sobretudo, apoio familiar para cursar o ensino secundário⁹ deveriam buscar escolas que as aceitassem, as quais eram majoritariamente pagas (Edwards, 2002; Swallow, 2014).

Assim que atingiu a idade escolar, seus pais decidiram ensinar Ellen em casa, já que os dois haviam frequentado o ensino secundário na Academia de New Ipswich (EUA) e, para época, eram considerados bem-educados, em especial na área rural em que viviam.

Segundo Clarke, (1973, p. 8):

Havia uma compreensão extraordinária nesse aprendizado que combinava teoria e fatos, concentração e prática, sonhos e realidade. Ele possibilitou uma compreensão de mundo, e sua relação com ele, muito superior à rotina de memorizações e repetições do sistema público¹⁰.

É nesse período que a cientista já demonstra aptidão tanto para o estudo de ciências quanto de matemática. Seu envolvimento nas ciências aconteceu de maneira significativa levando inclusive ao desenvolvimento de desenhos, mapas e descrições detalhadas da topografia da cidade, além de demarcar o fluxo das fontes de água e o crescimento e desenvolvimento da flora local (Hunt, 1912).

⁹ O ensino secundário hoje é chamado nos EUA de *highschool*, conhecido no Brasil como Ensino Médio e faz parte da Educação Básica.

¹⁰ Entende-se que o biógrafo faz referência ao sistema público de ensino da época em que Ellen estaria cursando o ensino primário ou também conhecido, no Brasil, como ensino fundamental I e II.

Figura 1 – Ellen Swallow Richards



Fonte: Hunt (1912).

Após concluir o ensino secundário em 1862, Ellen encontrou obstáculos para continuar seus estudos superiores até o ano de 1868, quando se matriculou no Vassar College (EUA), uma das poucas instituições que admitiam mulheres em cursos científicos. Lá, optou por especializar-se em química, em um curso de dois anos, por ver na disciplina a possibilidade de contribuir diretamente para a sociedade (Swallow, 2014).

Em 1870, Ellen recebe o diploma de bacharel em química pelo Vassar College e procura dar continuidade à sua formação e é nesse período, que ao enviar cartas para comerciantes químicos em busca de treinamento ou emprego, ela é incentivada a se candidatar ao Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT). O instituto até então não tinha aprovado o ingresso de nenhuma mulher apesar de receber inúmeras inscrições por ano. Mas levando em consideração uma carta de recomendação escrita por Charles Farrar (1825-1903), professor de química no Vassar College, o comitê do MIT aceita o ingresso de Ellen, com a condição de ‘aluna especial’¹¹. Tal condição foi uma estratégia usada tanto para que o instituto não tivesse obrigatoriedade de aceitar o ingresso de mulheres enquanto classe, quanto para que nenhum vínculo institucional pudesse ser encontrado entre Ellen e o MIT (Hunt, 1912).

¹¹ Ellen ingressou no MIT, isenta de qualquer mensalidade ou taxa. Tal condição foi definida com o intuito de não possibilitar o encontro de nenhum documento oficial que comprovasse sua matrícula, tendo em vista vários alunos, docentes e membros administrativos que não estavam de acordo com o ingresso de uma mulher na instituição (Richardson, 2002).

Embora tenha sido aceita como estudante, Ellen não era autorizada a frequentar as aulas ou permanecer no mesmo laboratório que os rapazes. Durante o primeiro ano no MIT seus experimentos eram realizados no laboratório privado dos professores e suas tarefas eram deixadas na porta do laboratório, além disso suas roupas deveriam ser sempre pretas e de forma a cobrir todo o corpo (Swallow, 2014).

A primeira proposta de pesquisa no instituto veio do professor William Nichols (1847-1886), envolvido com pesquisas sanitárias para o Conselho de Saúde do Estado de Massachusetts. Ellen iniciou então, em 1872, um estudo das águas do rio Boston e outras fontes de água da cidade, com o intuito de entender o efeito da poluição das fábricas, presença de resíduos tóxicos, metais pesados e corantes nas águas. Uma pesquisa sobre qualidade da água era uma área inexplorada nos EUA, o que proporcionou para a cientista um reconhecimento internacional como uma das principais pesquisadoras na análise de água no mundo, antes mesmo da sua graduação (Clarke, 1973).

Enquanto estudante do instituto, Ellen também desenvolveu importantes pesquisas na área de mineralogia, com uma pesquisa relacionada aos minérios de prata em minas no centro do Colorado, um trabalho de análise do vanádio em minérios de ferro, bem como uma pesquisa sobre a composição do mineral pirrotite, em Ontário, no Canadá, em que determina um percentual de 5% de níquel nesse minério. Esse trabalho dá início à indústria de níquel em Ontario, alterando inclusive o desenvolvimento econômico da região (Swallow, 2014).

Pouco tempo após concluir o bacharelado no Massachusetts Institute of Technology (MIT), em junho de 1873, Ellen Swallow Richards recebeu um pedido de casamento de Robert Hallowell Richards (1844-1945), que até então havia sido seu professor. Embora não tenham sido encontradas informações a respeito do relacionamento dos dois, biógrafos indicam que Robert aguardou a graduação de Ellen para então manifestar seu sentimento (Hunt, 1912; Swallow, 2014).

Após um período de cerca de dois anos de reflexão diante da proposta de Robert Richards, Ellen oficializou o casamento em 4 de junho de 1875, após ser convencida de que poderia conciliar a vida conjugal com sua carreira científica, mesmo em um contexto social que restringia a atuação feminina ao espaço doméstico. A união, além de representar uma parceria intelectual pautada no interesse comum pela ciência, também lhe proporcionou maior estabilidade financeira, o que favoreceu sua dedicação a iniciativas voltadas à educação científica de mulheres, como o Women's Laboratory, bem como sua permanência no

Massachusetts Institute of Technology em atividades de pesquisa, ainda que sem remuneração (Hunt, 1912; Richards, 1936; Medeiros, 2021).

Ademais, em 1875, Ellen publica um artigo em que evidencia a descoberta de que pepitas, de um raro mineral radioativo, encontradas na Carolina do Norte contavam com a presença de ferro, ítrio e urânio (Swallow, 1875). Além desses elementos, Ellen identificou um material com propriedades e características distintas, possivelmente contendo elementos até então desconhecidos (Richards, 1936).

Quatro anos mais tarde, Jean Charles Galissard de Marignac (1817-1894) identificou a substância desconhecida como sendo o elemento de número atômico 62, o samário (Sm) e, no ano seguinte, durante a análise das amostras de Richards, descobriu o gadolínio (Gd), de número atômico 64, juntamente com o cientista Paul-Émile Lecoq de Boisbaudran (1838-1912). Embora Ellen tenha encerrado suas pesquisas antes mesmo da descoberta dos dois elementos químicos, ela inspirou esses trabalhos, uma vez que eles foram realizados com base na amostra de minérios obtida por ela. Pela importância de seus trabalhos em mineralogia que Ellen foi eleita, em 1879, a primeira mulher a ser membro do Instituto Americano de Mineração e Engenharia Metalúrgica.

Após sua graduação no MIT, a experiência adquirida nos anos de laboratório junto do desejo de apoiar a educação científica para mulheres levam Ellen a iniciar um processo de construção de um laboratório para mulheres no instituto, sem que essas estivessem de fato matriculadas na instituição. Com o auxílio da Associação Educacional para Mulheres, o laboratório foi inaugurado em novembro de 1876 e foi “o primeiro laboratório desse tipo no mundo, dedicado a ensinar ciência para mulheres” (Swallow, 2014, p. 67). O laboratório era aberto tanto para mulheres que se dedicavam exclusivamente a esses estudos quanto para outras que tinham baixa disponibilidade de horário, fosse por trabalharem fora ou por precisarem passar mais tempo em casa. Por manter um caráter flexível, cerca de 500 mulheres puderam frequentar o laboratório e terminar os cursos oferecidos durante o seu funcionamento.

Visando estender a contribuição da química para a sociedade, Ellen expandiu sua pesquisa para a aplicação da química na consolidação da Ciência da Nutrição nos EUA. Na Ciência da Nutrição, a cientista realizou, juntamente com o Conselho de Saúde de Massachusetts, análises químicas em alimentos comuns ao consumo estadunidense com o objetivo de determinar níveis de adulteração dos produtos, o que levou o Conselho a aprovar seus primeiros atos de segurança de alimentos e medicamentos. Além disso desenvolveu

projetos de cozinhas experimentais voltados para a classe trabalhadora, em que visava promover uma alimentação nutricionalmente mais ricas para a classe. Seus resultados não só tiveram resultado com seu público-alvo, como também foram aplicados na Universidade de Chicago, o que promove a reforma de suas políticas alimentares, assim como às das escolas públicas de Boston (Swallow, 2014).

É com esse projeto que a pesquisadora percebe que somente através das mudanças habituais dentro dos lares é que a ciência receberia validação e autoridade necessárias para a melhoria na qualidade de vida da sociedade. É, por isso, que decide centrar seus esforços no estabelecimento de uma nova disciplina científica: a Economia Doméstica.

Ellen se dedicou por cerca de uma década a desenvolver e divulgar programas e currículos direcionados para o ensino da Economia Doméstica, e esses programas apresentavam caráter interdisciplinar e abrangiam temas pertencentes à história, economia, ética, psicologia e química. Além de contribuir para a vida doméstica das donas de casa, Ellen visava reformar o campo de trabalho de mulheres formadas no Ensino Superior, através da Economia Doméstica. Por experiência própria ela viu a ausência de oportunidades como docente dentro da academia, para aquelas que tiveram acesso ao ensino superior na área científica. Sua estratégia era formar mulheres para ensinar a Economia Doméstica em ambientes acadêmicos (Richards, 1882).

Nesse mesmo contexto, Ellen fundamentou uma segunda disciplina, em que aplicou sua filosofia em um ambiente maior do que a casa, a Ecologia Humana. A necessidade de fundar uma área do conhecimento científico que estudasse as interrelações entre o ser humano e o meio ambiente esteve diretamente relacionada com a expansão da zona urbana e da industrialização no período em questão. É importante perceber que todo trabalho de Ellen voltado para o estabelecimento de uma ciência capaz de discutir os impactos ambientais teve como foco central a necessidade de evidenciar que o ambiente produz consequências diretas na população, em sua saúde e bem-estar (Clarke, 1973).

Enquanto contribuía de maneira significativa para o campo das ciências aplicadas, Ellen também se dedicava às pesquisas químicas simultaneamente. Em 1884, o MIT iniciou seu primeiro programa em Química Sanitária, com Nichols a frente do departamento e Ellen como sua assistente, alcançando pela primeira vez uma posição remunerada em abril de 1884. Dois anos depois, em 1886 ela se torna a primeira instrutora mulher do instituto, posição que mantém até seu falecimento. Enquanto primeira instrutora mulher do MIT, desenvolveu um dos estudos mais importantes de sua carreira como química sanitária, ao analisar cerca de

quarenta mil amostras de água, recolhidas de diferentes fontes representando aproximadamente 83% do abastecimento de água da população de Massachusetts. O estudo levou ao estabelecimento dos primeiros níveis de pureza da água do mundo e aos primeiros padrões de qualidade da água e de tratamento de esgoto da América, além de revelar o impacto que o tratamento de esgoto tem na qualidade da água e como essa qualidade afeta diretamente a segurança e saúde da população (Swallow, 2014).

4 UMA REFERÊNCIA NA CIÊNCIA E NA EDUCAÇÃO

Neste capítulo, analisaremos a trajetória da cientista Ellen Swallow Richards como educadora na área da Química. Destaque em sua época, Ellen exerceu um papel decisivo no avanço da educação científica, ao promover o acesso das mulheres ao ensino superior, por meio da criação do Laboratório de Mulheres no MIT, e também ao desenvolver métodos de ensino acessíveis para aquelas que precisavam concluir sua formação em casa. Sua atuação contribuiu significativamente para a formação de uma geração de cientistas mulheres, o que justifica uma análise crítica de seu legado educacional.

4.1 O CONTEXTO EDUCACIONAL NOS EUA – SÉCULOS XVIII E XIX

Para entendermos a abordagem educacional de Ellen, é essencial compreender o contexto em que ela se formou e que, posteriormente, atuou. Dessa forma, discutiremos brevemente o contexto do sistema educacional dos Estados Unidos, especialmente de Massachusetts onde Ellen nasceu, se formou e atuou profissionalmente.

O século XIX foi um período de transformações fundamentais para a educação pública nos Estados Unidos, marcado pela expansão do acesso às escolas, pela consolidação de um sistema educacional financiado pelo Estado e por persistentes desigualdades de gênero e raça. A análise desse contexto nos revela tanto os avanços promovidos por reformadores quanto as limitações estruturais que moldaram a experiência educacional de mulheres e minorias.

Uma das primeiras formas de educação pública nos EUA, por volta de 1600, era profundamente influenciada pelo catolicismo e destinada principalmente aos meninos. Como destacado por Thattai (2017), as colônias da Nova Inglaterra, como Massachusetts, estabeleceram escolas locais já no século XVII, mas essas instituições eram dominadas por valores puritanos e frequentemente negavam acesso às meninas. Quando permitidas, as alunas eram segregadas em horários alternativos – como nas férias de verão ou em turnos distintos – uma prática que refletia a visão de que a educação feminina era secundária (Madigan, 2009).

As chamadas *dameschools*¹², lideradas por mulheres em suas próprias casas, representavam uma das poucas oportunidades educacionais para meninas no final do século XVIII. No entanto, como observa Madigan (2009), essas escolas tinham um caráter

¹² É definida como uma escola influenciada pelo modelo inglês de ensino domiciliar para pequenos grupos de crianças, geralmente liderados por uma mulher, em sua casa (Monaghan, 1988).

rudimentar e preparavam as alunas apenas para funções domésticas ou para auxiliar em pequenos negócios familiares, enquanto os meninos eram encaminhados para escolas formais e, posteriormente, para universidades. As instituições educacionais, além das *dameschools*, eram majoritariamente privadas, segregadas por sexo e exclusivas para a elite do país.

A partir da década de 1840, liderados por figuras como Horace Mann (1796-1859), em Massachusetts, e Henry Barnard (1811-1900), em Connecticut, os *Common School Reformers*¹³ defenderam a educação pública e gratuita como um mecanismo de equalização social. Thattai (2017) ressalta que esses reformistas acreditavam que a escolarização universal poderia formar cidadãos mais unidos e melhores, além de reduzir a criminalidade e a pobreza. Como resultado, leis de frequência obrigatória foram aprovadas, começando por Massachusetts em 1852, e ao final do século, a educação elementar passou a ser acessível para a maioria das crianças.

No entanto, a expansão do acesso não significou equidade. Enquanto os meninos eram preparados para carreiras acadêmicas ou profissionais, as meninas continuavam a ser direcionadas para um currículo restrito. Madigan (2009) destaca que mesmo nas escolas mistas/coeducacionais, as matérias como matemática avançada e ciências eram reservadas aos homens. Além disso, as escolas católicas, que cresceram como alternativa ao sistema público, reforçavam esses papéis de gênero, preparando as meninas para serem professoras, enfermeiras ou secretárias (Thattai, 2017).

Uma resposta parcial a essa marginalização foi o surgimento de seminários e *colleges* exclusivos para mulheres no século XIX, como o Vassar College (1861) e o Mount Holyoke Seminary (1937). Essas instituições buscavam oferecer um ensino rigoroso, embora ainda enfatizassem a moralidade feminina, a literatura e a prática de tarefas domésticas. Além disso, os seminários serviram como cursos preparatórios para professoras que buscavam atuar em escolas católicas para meninas (Madigan, 2009). Contudo, mesmo após a formação nesses espaços, as mulheres enfrentavam resistência para acessar cursos superiores em universidades masculinas, sendo frequentemente segregadas em instituições afiliadas, como Radcliffe ligada a Harvard.

O século XIX estabeleceu as bases do sistema educacional público nos EUA, mas também cristalizou hierarquias de gênero que persistiriam no século seguinte. Apesar dos

¹³ Esse grupo advogava por uma educação gratuita, pública e universal para todas as crianças, independente de raça, gênero ou classe social. Esse movimento tinha como objetivo estabelecer uma sociedade mais educada e virtuosa, a fim de alcançar maior estabilidade econômica e social.

esforços de diversos reformistas educacionais e da expansão das escolas, o acesso pleno à educação, especialmente em condições de igualdade, permaneceu um ideal distante para as mulheres. Como sintetiza Madigan (2009, p. 13) "as expectativas para as meninas na escola sempre foram diferentes das dos meninos", um legado que só começaria a ser questionado com o movimento feminista e leis como o *Title IX*¹⁴ (1972).

4.1.2 Aspectos Históricos e Filosóficos da Educação

No que diz respeito ao ensino e às práticas pedagógicas nas escolas, entre o final do século XIX e o início do século XX, as abordagens utilizadas na educação científica passaram por mudanças significativas. Enquanto anteriormente predominava a memorização de fatos e informações, surgiram abordagens mais práticas e experimentais. Cientistas e educadores começaram a enfatizar a importância da experimentação, da observação e da aplicação prática do conhecimento científico. Isso levou a uma maior ênfase na realização de experimentos em sala de aula e na promoção da curiosidade e da descoberta. Ellen emergiu nesse contexto, como uma defensora da educação científica baseada na investigação e na compreensão dos processos químicos (Rudolph, 2019).

O século XIX marcou uma época de profunda transformação no cenário científico e educacional. Duas teorias proeminentes foram o positivismo e o pragmatismo. O positivismo, defendido por Auguste Comte (1798-1857), sustentava que o conhecimento científico deveria ser a base da educação, enfatizando a objetividade e a observação dos fenômenos naturais.

A filosofia de Comte pregava a primazia do conhecimento empírico e da observação direta dos fenômenos como base para a construção do saber. Para Comte, o método científico deveria ser aplicado nas ciências naturais e também nas ciências sociais e humanas. A centralidade da observação, da experimentação e da análise objetiva se tornaram pilares do positivismo, influenciando profundamente a abordagem científica e, por consequência, as metodologias de ensino (Iskandar; Leal, 2002).

No ensino das ciências naturais, por exemplo, a ênfase na experimentação e na observação direta dos fenômenos se refletiu em aulas práticas e laboratórios, nos quais os estudantes eram incentivados a realizar experimentos e registrar dados de forma sistemática.

¹⁴ A partir dessa lei, tornou-se ilegal a discriminação em escolas públicas, com base no sexo, no que diz respeito à auxílio financeiro, orientação profissional, práticas de admissão e tratamento de alunos, com risco de perda do financiamento federal (Melnick, 2018).

A abordagem positivista também enfatizava a importância da objetividade e da neutralidade na apresentação dos conteúdos, promovendo a separação entre o conhecimento científico e as crenças pessoais do educador (Silva, 2005).

A proposta educacional de Comte visa substituir a educação tradicional teológica, metafísica e literária predominante até então, inserindo mais amplamente o ensino das ciências ditas positivas. Para ele, tal educação daria conta do pensamento que se formava, assim como das necessidades da sociedade industrial crescente, podendo contribuir até mesmo para o desenvolvimento das próprias ciências (Souza, 2020, p. 32).

Durante esse período, outra teoria educacional significativa foi o pragmatismo, introduzido por John Dewey (1859-1952). O pragmatismo de Dewey emergiu em um contexto de estabelecimento da sociedade norte-americana após a guerra civil, em que acontecia a consolidação das universidades, a distinção entre as esferas religiosa e estatal, e no âmbito do movimento que buscava estabelecer um ‘mundo’ fundamentado na ciência, tecnologia e na concepção da educação como um catalisador para o progresso (Tiballi, 2003).

Para Dewey, isolar o conhecimento teórico da ação prática é essencialmente perigoso, tanto intelectualmente quanto no âmbito político. O educador e filósofo acreditava que uma parte importante da democracia era o ensino das ciências naturais, pois a partir delas “seria expandido largamente o estudo experimental dos problemas científicos, bem como das suas soluções” (Rodrigues, 2008, p. 199), o que acarretaria um desenvolvimento da prática democrática baseado em corrigir os métodos arbitrários do governo, inspirando-se nos métodos científicos de prática e experiência.

Outro importante autor da época foi Isaac Watts (1674-1748) que, embora seja mais conhecido por sua arte como poeta e escritor de diversos hinos religiosos ingleses, foi muito importante para a educação, além de ter sido responsável por criar cinco métodos para um processo eficaz de aprendizagem. Ainda que seu trabalho não seja amplamente divulgado ou reconhecido, nomes importantes na ciência e, em especial, no ensino de ciências, se inspiraram em seus métodos para lecionar, como é o caso do químico e físico Michael Faraday (1791-1867) e da escritora Jane Marcet. (Derossi; Freitas-Reis, 2017).

A filosofia dos cinco métodos de Watts era bem difundida durante os séculos XVII a XIX, portanto é possível que parte de sua teoria tenha influenciado os estudos de Ellen, bem como sua posterior estratégia de ensino. Embora isso não possa ser afirmado, por não haver registros escritos dessa influência, vemos nos relatos dos biógrafos da cientista certas semelhanças com os métodos propostos pelo pedagogo inglês.

Watts traz esses métodos na obra *The Improvement of the Mind*, publicada em 1741 onde relata que seu método é resultante de suas observações, seus próprios estudos e também da interpretação do trabalho de outros autores. De modo geral, servia como um guia para estudantes que buscavam melhores maneiras de estudar e alcançar conhecimento (Derossi; Freitas-Reis, 2017; Watts, 1743).

O primeiro método de Watts é a observação, etapa em que o autor sugere que o estudante terá contato com as primeiras ideias a respeito de um assunto ou situação. Essa etapa geralmente ocorre na infância, momento em que o ser humano cria as primeiras impressões e ideais do mundo em que vive e das coisas com as quais tem contato. Segundo Watts, é a partir da observação que “origina-se todo o nosso conhecimento, mesmo que tais observações sejam apenas ideias ou proposições, elas propiciariam relações que iriam gerar os conhecimentos desenvolvidos pela pessoa” (Derossi; Freitas-Reis, 2017, p. 147).

Ellen dedicou anos de sua vida para estudar ciências e relacioná-la ao estudo do meio ambiente e mais outros muitos anos para ensinar essa relação para seus alunos. Segundo Swallow (2014, p. 7), seu interesse nasceu a partir da observação da fazenda em que morava:

Sem irmãos para ter companhia, ela passava horas observando a vida selvagem. Nos bosques e riachos havia esquilos, tartarugas, sapos, salamandras e pequenos peixes. Nos prados ela podia observar as borboletas e mariposas, pássaros cantores, perus, veados e raposas. No chão estudava aranhas, formigas e besouros. Colecionava fósseis, pedras e outros objetos de seu interesse. Não demorou muito para que Ellen soubesse o nome de cada espécie e variedade de árvore, inseto, pássaro, mamífero, planta, rocha e mineral da fazenda. O ar livre foi seu primeiro, e sempre preferido, laboratório de ciências.

Quando passou a lecionar, Ellen aplicou o método da observação em suas aulas e cursos. Um exemplo dessa aplicação pode ser encontrado nos cursos que a cientista elaborou, através da *Society to Encourage Study at Home*, direcionados para mulheres que não tinham a oportunidade de frequentar um curso científico presencialmente. Ellen desenvolveu disciplinas que eram lecionadas por correspondência, em que a cientista enviava materiais de estudo, objetos para análise, microscópios e diversos outros materiais. Além das amostras que enviava,

Ellen incentivava suas alunas a observarem tudo ao seu redor, qualquer amostra que fosse interessante aos olhos de suas alunas era objeto de análise. Seus conselhos iam de analisar ervas e pedras no quintal, alimentos comprados nos mercados ou plantados em casa até a água que usavam (Medeiros, 2021, p. 64).

O segundo método proposto por Watts é o da leitura. Segundo o autor, a leitura é capaz de fazer compreender uma série de assuntos, fatos, filosofias e pensamentos de diferentes épocas e países, como se esses fatos estivessem sendo discutidos no momento presente (Watts, 1743). Ao contrário da observação, que limita o educando àquilo que se pode ver, ou seja, ao seu local de vivência e convivência, a leitura permite a expansão do conhecimento para qualquer aspecto do mundo.

Segundo a biógrafa Caroline Hunt, Ellen desenvolveu apreço pela leitura desde cedo, prática que se tornou um hábito da cientista para toda a vida. Os Swallow liam regularmente e possuíam uma coleção dos livros populares da época (Hunt, 1912). Além disso, a leitura foi um dos principais métodos usados por Ellen para se preparar para iniciar o curso científico no Vassar College:

Nos intervalos entre lecionar, arrumar a casa e a loja dos pais, que ela se preparou para a faculdade. Sempre havia um livro aberto ao lado dela, não importava o que ela estivesse fazendo (Hunt, 1912, p. 29).

Enquanto educadora, Ellen se apoiou diversas vezes no material escrito como fonte de instrução para suas alunas. Ao longo de sua carreira escreveu dezenas de livros e seus materiais escritos serviram como método de ensino nos cursos específicos de química que a cientista lecionava, no MIT e nos cursos por correspondência e, também, em escolas da educação básica, após o estabelecimento da Economia Doméstica, que será discutido no próximo tópico desta tese.

Quando expandiu seu curso de química por correspondência, Ellen passou a oferecer uma especialização em ciências sanitárias, em que o principal material do curso foi um livro escrito pela própria cientista e publicado em 1882, *The chemistry of cooking and cleaning* (Medeiros, 2021).

O terceiro método proposto por Watts para melhoria do aprendizado e do ensino, também fez parte da vida escolar e profissional de Ellen. Chamado de Instruções Verbais para Palestras Públicas ou Privadas, o autor diz que “sempre há algo de mais alegre, mais agradável e divertido no discurso ao vivo de um sábio, erudito e bem qualificado professor, do que há na silenciosa e sedentária prática da leitura” (Watts, 1743, p. 38).

A principal vantagem desse método se encontraria na oportunidade do palestrante ou do professor de desdobrar temas complexos e explicá-los com maior facilidade de entendimento do que um livro o faria. Além disso, o palestrante teria nesse momento o dever de clarear as dúvidas de seus ouvintes a partir de exemplos familiares e claros, o que nem sempre pode ser encontrado durante a leitura por si só (Derossi; Freitas-Reis, 2017).

Assim que teve liberdade para viajar sozinha, Ellen viu nas palestras uma oportunidade de expandir seus conhecimentos, enquanto não era possível frequentar uma faculdade. No inverno entre 1865 e 1866, ela se muda para Worcester (MA) para estudar e participar de algumas palestras científicas (Clarke, 1973).

Anos depois, após sua graduação no MIT, a experiência de Ellen em laboratório somada ao desejo de apoiar a educação científica para mulheres, a levam a iniciar um conjunto de palestras sobre química com o financiamento e suporte da Associação Educacional para Mulheres (WEA)¹⁵.

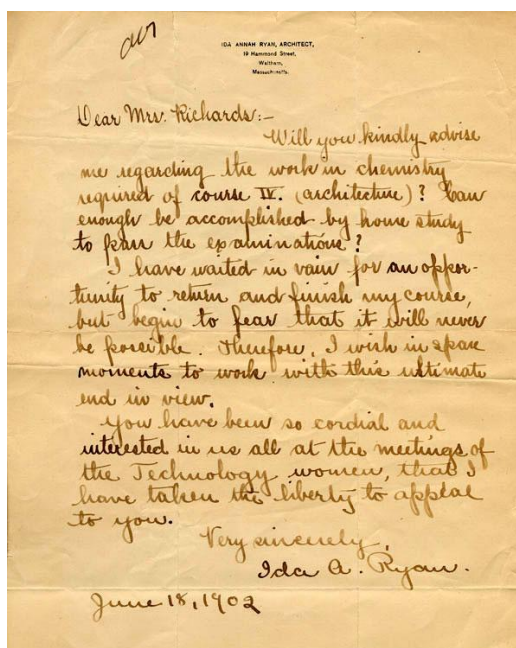
Uma de suas principais contribuições nesse sentido esteve relacionada na divulgação da Economia Doméstica nas palestras que ministrou na *Louisiana Purchase Exhibition* em St. Louis, uma feira mundial, realizada em 1904, que contou com a participação de cerca de 60 países e atendeu mais de 19 milhões de pessoas (Krenn, 1999).

O quarto método de Watts está, de certa forma, ligado ao anterior e é chamado Conversação. Nesse momento, o educando tem a oportunidade de compartilhar com seus colegas, com um tutor, ou com um professor, suas dúvidas e suas interpretações, o que diminui o risco de uma interpretação equivocada de algum fenômeno (Derossi; Freitas-Reis, 2017).

Muitas são as correspondências trocadas entre Ellen e colegas de profissão que demonstram que a conversação também fez parte da vida acadêmica da cientista. Todavia, uma carta em particular chama a atenção. Ida Ryan (1873-1950) foi a primeira mulher a receber um mestrado em ciências pelo MIT e, em junho de 1902, escreve uma carta (Figura 2) para Ellen buscando informações sobre o conteúdo de química que seria cobrado em um exame próximo.

¹⁵ Organização fundada em 1871 com o objetivo de incentivar a educação para mulheres, nos níveis primário, secundário e superior (GRIFFIN, 2014). Em inglês: Women's Educational Association (WEA).

Figura 2 – Carta de Ida Ryan para Ellen Richards



Fonte: MIT Archives (1999)

Percebe-se através da mensagem que Ida sente segurança em Ellen para que o conteúdo seja elucidado com clareza, mas além disso uma passagem demonstra a atenção que Ellen despendia para suas alunas enquanto professora:

Você tem sido tão cordial e preocupada com todas nós nas reuniões das mulheres da “Tecnologia”, que eu tomei a liberdade de apelar para você. Atenciosamente, Ida A. Ryan.

Nos anos que se seguem, Ida e Ellen se correspondem em outros momentos, o que demonstra que a cientista sempre manteve aberta ao diálogo entre seus estudantes, os orientando e contribuindo para sua formação profissional e acadêmica através da conversação.

O quinto, e último, método proposto por Watts é o da Meditação e Estudo. Nesse ponto, o estudante deve ser capaz de refletir por si próprio a respeito do que observou, leu, ouviu e conversou. Todas essas técnicas fazem com que o estudante tenha acesso a diferentes informações, mas cada uma delas pode vir de fontes distintas, por isso se faz necessário que o estudante reflita e chegue às suas próprias conclusões.

Quem gasta todo o seu tempo ouvindo aulas, ou debruçado sobre os livros, sem observação, meditação ou conversa, terá mais um mero conhecimento histórico de leitura e de dizer apenas sobre o que os livros ou homens os informam e até onde eles são dignos de nossos créditos e assentimentos (Watts, 1743, p. 4).

Ainda que não tenhamos como comprovar a aplicação desse método, consciente ou inconscientemente, nas estratégias de ensino de Ellen, vemos que constantemente ela instruiu suas alunas a pesquisarem por si só, observarem seu lar e, assim, aplicar os ensinamentos de química para melhoria de sua qualidade de vida. Isso demonstra que Ellen incentivava a meditação e estudo de suas alunas, reconhecendo a importância da aplicação do que se aprendeu dentro do seu próprio contexto.

4.2 ESTRATÉGIAS PEDAGÓGICAS DE ELLEN

Ellen acreditava no aprendizado prático e na participação ativa dos alunos no processo educacional. Ela defendia o uso de experimentos como uma ferramenta eficaz para promover a compreensão dos conceitos químicos e enfatizava a importância de relacionar a teoria com a prática, ao incentivar os alunos a aplicarem o conhecimento adquirido em situações do mundo real.

Suas primeiras experiências como docente, após sua graduação no MIT, foram com mulheres. Ellen lutou pela inclusão feminina no ensino de ciências e encorajou a participação delas em cursos de química. Sua própria experiência como uma das primeiras mulheres a obter um diploma de química nos Estados Unidos a impulsionou a lutar por uma educação científica mais acessível a todos (Edwards, 2002).

Além da consciência de gênero da cientista, sua luta pela inclusão das mulheres na ciência foi imprescindível para a formação de crianças na Educação Básica. No final da década de 1870, a educação e a ciência estavam se expandindo com rapidez nos EUA, o que aumentou a oferta de cursos e de escolas secundárias para meninos e para meninas (Edwards, 2002). Com isso, a necessidade de instrutores que ensinassem ciências cresceu, abrindo oportunidade para mulheres ocuparem essa posição. Todavia, como esperar que as mulheres ensinassem aquilo que pouco sabiam?

Nesse contexto, em 1873 Ellen inicia uma série de palestras junto de Mary Warren Capen, professora de mineralogia de um colégio para meninas em Boston. As palestras ministradas por elas reuniam cerca de dezesseis mulheres em uma sala cedida pelo MIT (Hunt, 1912). As frequentadoras dessas palestras eram professoras do ensino primário e secundário que visavam avançar em seus conhecimentos científicos com o intuito de melhorar a qualidade de suas aulas (Swallow, 2014).

Apesar de fornecer maior embasamento químico para as mulheres inscritas no programa, o acesso ao laboratório era demasiadamente limitado (Gray, 2019). O entendimento da carência de práticas laboratoriais levou a cientista a iniciar um processo de arrecadação de fundos para a abertura de um laboratório para mulheres no instituto. A empreitada foi bem-sucedida e contou com o apoio de alguns instrutores do MIT. Vale destacar que uma das condições impostas pelo instituto para liberar a construção do que foi oficialmente chamado de *Women's Laboratory*, foi o acordo de que Ellen seria a instrutora das aulas, além de ser responsável pela limpeza e manutenção do espaço, ambos sem remuneração (Durant, 2006).

Como citado no capítulo anterior, o laboratório foi inaugurado em novembro de 1876 e foi “o primeiro laboratório desse tipo no mundo, dedicado a ensinar ciência para mulheres” (Swallow, 2014, p. 67). O local funcionou até 1883 e formou mais de 500 mulheres das quais muitas eram casadas e com filhos, o que demonstrava o caráter amplo e liberal do laboratório. O espaço foi demolido, em 1883, para que um novo laboratório de caráter coeducacional¹⁶ fosse construído em seu lugar.

Em relação às estratégias de ensino aplicada em suas aulas, Ellen explica em uma carta dirigida a Edward Atkinson (1827-1905) a necessidade de adaptar as aulas conforme a necessidade de cada aluna, devido à diferença de conhecimento científico entre elas.

Os métodos de ensino são, atualmente, adaptados ao indivíduo e ao tempo disponível de cada um. Pelos próximos dez anos o ensino deverá ter, em grande parte, esse caráter especial e incomum. Mulheres nos seus vinte e cinco anos perderam a educação científica dos dias atuais, mesmo assim elas buscam por isso e devem conseguir. O laboratório foi aberto para atender essas mulheres e, embora se empenhe em criar novos ramos da química aplicada, terá como seu primeiro dever o ensino daqueles que não podem voltar para as escolas e faculdades (Richards *apud* Hunt, 1912, p. 142-143).

Mas Ellen foi além na explicação de sua metodologia. A cientista não demonstrou em nenhum relato ter a intenção de formular uma nova metodologia de ensino, mas por diversas vezes caracterizou suas estratégias de ensino. Segundo ela “Ensinamos demais”.

A criança é muito mais rápida do que o adulto para entender o que lhe convém. Apresentamos-lhe algo que ela não consegue compreender – o objetivo final – e ela sabiamente o recusa. Nós a chamamos de teimosa, quando ela é apenas sábia. Esquecemos que o abstrato só é alcançado depois de muita experiência com o concreto (Richards *apud* Clarke, 1973, p. 202-203).

¹⁶ O termo coeducacional se refere ao sistema de ensino em que homens e mulheres estudam juntos em uma mesma classe. Apesar de não ser usual no Brasil, a palavra é comum na língua inglesa, idioma principal de nossa pesquisa devido ao local de nascimento de Ellen (Laird, 2014).

Essa fala da cientista condiz com sua crença no aprendizado pela prática. Para Ellen, os alunos precisam de menos ensino teórico e de mais oportunidades de experimentar por conta própria, de observar e de refletir.

Coloque a criança em um ambiente rico em opções. Forneça materiais naturais para a descoberta. [O aluno] precisa de um ambiente agradável – com cor, forma, flores, música – para expor suas ideias e estimular pensamentos criativos... para tornar-se mestre de seu ambiente (Richards *apud* Clarke, 1973, p. 203–204).

Em conformidade com a escalada do positivismo e do pragmatismo, Ellen defendia arduamente a necessidade de uma reforma no sistema de ensino. Era preciso diminuir radicalmente o aprendizado tradicional, com ênfase apenas no estudo teórico, e apostar nas atividades experimentais, práticas e relacionadas ao cotidiano dos alunos, como pode ser visto na sua fala "O verdadeiro valor do ensino de ciências, o saber pela certeza, a investigação por si mesmo, em contraste com a mera crença ou aceitação cega de afirmações, faz falta em muito ensino popular" (Richards *apud* Hunt, 1912, p. 181).

Em outras palavras, Ellen acreditava que o verdadeiro objetivo da educação científica era dar aos jovens a oportunidade e o caminho para adquirir conhecimento ao longo de toda sua vida e não somente forçar em suas cabeças, em poucos anos, o que era considerado suficiente pela escola (Clarke, 1973; Edwards, 2002).

O que fazemos para matar o aprendizado! Colocamos crianças pequenas em assentos duros, em posições apertadas, forçamos em suas cabeças um livro morto que não deve ser amassado ou rasgado, e exclamamos: 'Estudem! Estudem! Decorem!' E isso quando o instinto humano exige que os objetos sejam manuseados e montados... É contrário a todas as leis do desenvolvimento [humano] permitir que a criança despedace [na aprendizagem] sem unir¹⁷. (Richards *apud* Clarke, 1973, p. 203–204).

Suas estratégias pedagógicas eram reflexo direto de suas experiências docentes. A exemplo, quando lecionou no Museu de História Natural de Boston, ensinando mineralogia para crianças, professores de ensino secundário e graduandos de Harvard, Ellen ficou surpresa ao perceber que as crianças compreendiam as mesmas aulas com maior facilidade que os adultos (tanto os professores quanto os discentes de Harvard) (Kohlstedt, 1978). Ellen supôs que os estudantes mais velhos estavam condicionados a duvidarem de si, enquanto as crianças

¹⁷ Entendemos pelo contexto que Ellen defendia que o estudante deveria ser capaz de observar os fenômenos e explicá-los com base em seus estudos, independente da disciplina na qual aquele fenômeno estava sendo ensinado. A fragmentação do ensino, por muitas vezes, retira do aluno a oportunidade de interligar os conteúdos estudados e prejudica na imaginação e na solução de problemas.

ainda confiavam em suas próprias observações, o que os ajudava a identificar e classificar os minerais mais facilmente (Clarke, 1973).

Experiências como essa fizeram parte da formação das estratégias pedagógicas da cientista, que concluiu que as escolas devem ensinar os alunos a observarem por si mesmos e a usar as evidências de suas observações na tomada de decisões e na aplicação do que aprendem em suas próprias vidas (Clarke, 1973).

Segundo McGregor e Longo (2022), a filosofia educacional de Ellen se assemelha com a de sua contemporânea Maria Montessori (1870-1952). As duas educadoras acreditavam na importância da “interdisciplinaridade e da educação integrada, porque é o que reúne ideias e ações” (McGregor; Longo, 2022, p. 34). De acordo com as autoras, a experimentação defendida por Ellen é o que permite que os estudantes façam conexões e que entendam seu papel no mundo e na sociedade.

Dessa forma, os estudantes se tornam pensadores independentes, capazes de analisar os fatos por si mesmos observados. Inicialmente Ellen sugeriu que a melhor maneira de alcançar tal objetivo era trabalhando com donas de casa, já Maria Montessori acreditava que era possível ao criar ambientes educacionais voltados exclusivamente para as crianças. A visão das duas educadoras se une quando Ellen passa a pressionar o sistema educacional de Boston para que a ciência fosse introduzida já nas séries iniciais da educação básica e insistiu para que tal ensino fosse feito com objetos naturais, em ambientes atrativos e estimulantes para as crianças (McGregor; Longo, 2022).

Os professores, enfatizou, devem levar as crianças ao ar livre, ou trazer flores, minerais, conchas, insetos secos e fibras, em vez de confinar os alunos em salas fechadas memorizando fatos isolados. [...] Como o educador progressista John Dewey, Richards sustentava que as escolas deveriam ensinar ideais e valores, além de habilidades e conhecimentos, e "não deveriam ensinar a ganhar a vida antes de ensinar a viver" (Clarke, 1973, p. 204).

4.3 CONTRIBUIÇÕES DE ELLEN COMO EDUCADORA

As contribuições de Ellen como educadora são expressivas. Ao utilizar experimentos e projetos práticos, a cientista permitiu que os alunos explorassem a química de forma envolvente e significativa. Sua ênfase na conexão entre teoria e prática contribuiu para uma compreensão mais profunda dos processos químicos.

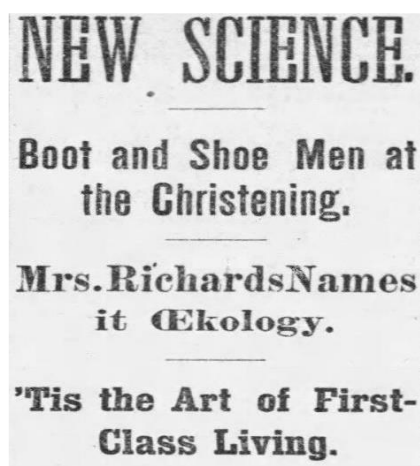
4.3.1 Educação Ambiental

Em 1982, Ellen iniciou o estudo do que ela denominou inicialmente de *oekology* e que posteriormente ficou conhecido como Ecologia Humana. A cientista identificou uma deterioração do meio ambiente, devido à escalada da industrialização, e defendeu a necessidade de usar a educação e a ciência para melhorar a qualidade do ar, da água, dos alimentos e do meio ambiente em geral. Na época, a pobreza e as doenças causadas pela má qualidade do ambiente eram consideradas como algo genético ou hereditário por muitos cientistas, e a ciência “aplicada” era por muitas vezes desprezada por aqueles que se dedicavam a ciência “pura” ou de bancada (Edwards, 2002).

Todavia, apesar da resistência do meio científico, Ellen escreveu e publicou diversos livros sobre a importância de melhorar as condições ambientais. Na sua versão de ecologia, deu início ao debate das “amplas preocupações com as condições ambientais criadas pelo homem, e as consequências para a saúde das pessoas vivendo nessas condições” (Dyball; Carlsson, 2017, p. 22).

Ellen afirmou que a Ecologia era holística e deveria incluir os conhecimentos científicos da biologia, geografia, oceanografia, nutrição e, claro, da química. Além disso, enfatizou que a água, o ar, o solo e os alimentos podem ser afetados significativamente por mudanças sociais tais como a urbanização, por esse motivo o ser humano é responsável por estar atento à sua interrelação com seu ambiente físico (Swallow, 2014).

Figura 3 – Anúncio Público da Oekology



Fonte: The Boston Globe, p. 1 (1892)¹⁸.

¹⁸ Disponível em: <https://www.newspapers.com/image/430666011/>. Acesso em: 14 jul. 2021.

Parte da resistência que encontrou para fundamentar a Ecologia como área de estudos e ensino na ciência foi, justamente, a união de diferentes disciplinas e contextos. No meio científico, essa interdisciplinaridade¹⁹ incentivada por Ellen dificultou ainda mais o aceite da sua teoria. Os cientistas consideravam “de uma perspectiva ortodoxa, o conhecimento gerado por tais indivíduos inadmissível” (Dyball; Carlsson, 2017, p. 23).

Os resultados de seus ensinamentos em Ecologia Humana foram expressivos, diferentes lugares adotaram “medidas de embelezamento, incluindo espaços administrados pelo estado, com limpeza, coleta de resíduos e construção de parques” (Swanson, 2013, p. 28). Além disso, Ellen foi responsável pela criação de um comitê para formular novas leis, no estado de Massachusetts que abarcassem as pesquisas ambientais realizadas pela cientista. Com isso, outros estados também foram incluídos nas melhorias relacionadas à saúde pública partindo do embasamento científico da Ecologia Humana de Ellen.

O falecimento de Ellen, em 1911, diminuiu a força do movimento, mas não o extinguiu. Foi em 1972 que a Ecologia Humana foi resgatada como disciplina científica, em Estocolmo. No ano seguinte, sob supervisão da OMS, as universidades de Genebra e Paris V organizaram a certificação internacional em Ecologia Humana, caracterizando essa área como formação científica, que mais tarde levou à movimentos que exigiram que todas as agências federais passassem por um processo formal antes de tomar qualquer decisão que pudesse causar impacto no meio ambiente (Kepner, 2016).

4.3.2 Educação e Formação Científica de Mulheres

Ellen se dedicou ao ensino científico para mulheres em duas frentes diferentes. À princípio, teve como objetivo incentivar o conhecimento prático para donas de casa, de maneira que seu serviço doméstico fosse mais econômico, eficiente e menos trabalhoso. Nesse sentido, estabeleceu o campo científico e educacional da Economia Doméstica em que, através da Química, explicava temas importantes para este grupo tais como “o porquê de a crosta do pão ficar marrom, de que são feitos os sabões e produtos de limpeza, como identificar se algum produto foi adulterado” (Edwards, 2002, p. 63).

¹⁹ Embora a discussão sobre interdisciplinaridade tenha se iniciado em meados da década de 1960, na Europa, em especial na França e Itália (Fortes, 2009), pesquisadores afirmam que a filosofia de Ellen que buscava unir diferentes disciplinas no estabelecimento da Economia Doméstica e Ecologia Humana já representava a prática interdisciplinar (Dyball; Carlsson, 2017; Walsh, 2015; McGregor, 2020).

Após formar cientistas no já citado *Women's Laboratory*, Ellen percebe a oportunidade de também trabalhar em uma segunda frente na formação científica de mulheres. Embora continuasse a defender a importância da ciência no cuidado do lar, Ellen passa a ter como principal finalidade a formação de mulheres cientistas para o mercado de trabalho nas ciências. Ao formar mulheres em Economia Doméstica, essas alunas poderiam ter a oportunidade de se tornarem docentes no ramo e dar continuidade na disciplina (Swallow, 2014).

Ela aproveitou um movimento em ascensão nos EUA que buscava ampliar o acesso de mulheres ao conhecimento científico por meio de uma lógica maternalista, em que mulheres defendiam seu direito aos estudos justificando a necessidade de serem melhores mães e criadoras de seus filhos, futuros cidadãos ativos da sociedade. Ao aproveitar a oportunidade aberta por este discurso, Ellen defende a Economia Doméstica como uma forma das mulheres se apropriarem do conhecimento científico para que estas pudessem se tornar melhores administradoras dos seus lares. Ainda que não tenha desafiado os princípios morais que apoiavam a lógica maternalista, Ellen não baseou a disciplina da ED nisso, seu objetivo era guiar as mulheres para o amor e para a dedicação às ciências, além de abrir uma porta que permitisse seu acesso ao conhecimento científico (Hunt, 1912).

Ao se tornar um movimento nacional, diversos estados do país incluíram em seu currículo escolar o ensino da Economia Doméstica. Entre 1900 e 1919, vinte e dois estados estabeleceram cursos de Economia Doméstica na educação básica, (Randolph, 1942). Ao aplicar Economia Doméstica na escola pública e básica, Ellen esclareceu que ao falar de economia não queria aludir à escassez. Ao contrário, fazia referência à melhor qualidade de vida e saúde, em consequência, por exemplo, de uma melhor alimentação. Isso significaria economia para o Estado, ao melhorar a capacidade geral de seus cidadãos (Richards, 1889).

4.3.3 Ensino por Correspondência

Ellen dedicou parte de sua docência para ensinar centenas de mulheres nos EUA e no Canadá, à distância. Com ajuda da *Society to Encourage Study at Home*, a cientista ofertou cursos científicos que tinham uma contribuição anual de \$3, o que permitia que muitas mulheres tivessem acesso ao conteúdo (Swallow, 2014). Os cursos podiam ser finalizados no próprio ritmo das alunas e incluíam correspondências com materiais guiados e frequentes testes para avaliar a evolução do aprendizado.

Ellen planejou os cursos de ciências por correspondência. Seu programa colocou o laboratório de ciências nas residências dos Estados Unidos e Canadá e incentivou o estudo em família. Ela desenvolveu cursos de botânica, geologia, mineralogia, zoologia, matemática, arqueologia, fisiografia, química e ciências sanitárias (métodos e princípios para preservar a saúde e higiene tanto em nível individual quanto comum e que mais tarde se tornou a ciência ambiental) (Swallow, 2014, p. 74).

Além dos livros e textos, Ellen enviava microscópios, tubos de ensaio, ervas e minerais para análise. Somada a parte experimental estavam os testes e exercícios elaborados para comprovação da eficácia do modelo aplicado (Hunt, 1912). Ademais, Ellen incentivava suas alunas a observarem tudo ao seu redor, qualquer amostra que fosse interessante aos olhos de suas alunas era objeto de análise, o que demonstra as estratégias pedagógicas discutidas anteriormente.

Os estudos científicos programados pelo curso eram acompanhados por troca de correspondências periódicas entre Ellen e suas alunas, tratando de diferentes tópicos do cotidiano delas. Dentre esses tópicos destacamos; a melhor maneira de se ventilar a casa, a fim de evitar doenças, a melhor configuração para o sistema de saneamento, como armazenar água e alimentos e até a melhor maneira de se vestir, de forma a evitar incômodo para realizar as tarefas domésticas. Esse seria o início da Economia Doméstica (HUNT, 1912; CLARKE, 1992).

Ellen continuou ensinando por correspondência por cerca de vinte anos pela mesma instituição, estendendo o conhecimento científico por inúmeras cidades nos dois países supracitados. O que hoje conhecemos como Ensino à Distância (EaD) e que nos apresenta variadas dificuldades, começou de maneira ainda mais arcaica, através de cartas trocadas, num período em que as oportunidades eram muito mais escassas.

Entretanto, o que mais chama atenção no início do ensino por correspondência nos EUA é seu direcionamento estar voltado exclusivamente para o público feminino. Em um período em que as mulheres não podiam frequentar uma faculdade presencialmente, o ensino por correspondência era permitido, ainda que os conteúdos abordados fossem essencialmente os mesmos. Não havia, portanto, preocupação com a saúde da mulher caso esta estudasse em casa. Logo, voltamos à divisão sexual dos espaços públicos e privados tão corriqueira no século XIX (Medeiros, 2021).

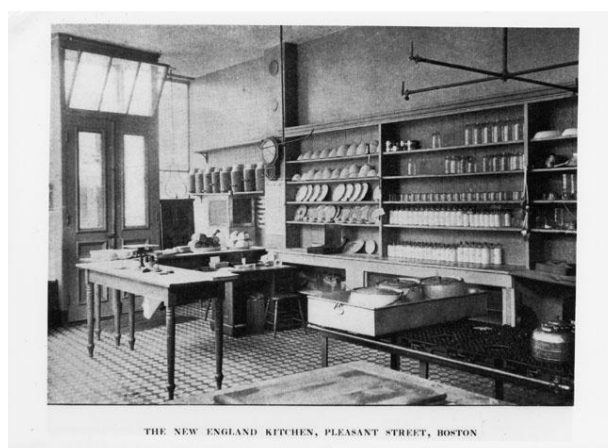
4.3.4 Ciência da Nutrição

Ellen iniciou seu trabalho educacional no que diz respeito à Ciência da Nutrição direcionado aos imigrantes e trabalhadores. A escolha da classe trabalhadora se deu por Ellen acreditar que eles necessitavam de mais energia para trabalhar, energia essa que poderia ser alcançada se comessem alimentos nutricionalmente ricos (Sutherland, 2017).

Em 1890, Ellen ajuda a abrir uma cozinha popular em que trabalhadores poderiam comprar refeições baratas e nutritivas e, além disso, esse projeto buscava usar o pensamento científico como forma de educar cidadãos em novos hábitos alimentares para que estes pudessem gozar de mais energia e, assim, terem maior produtividade. Para isso, homens e mulheres, que frequentavam a cozinha popular, tinham acesso às informações nutricionais de cada prato servido. Nas paredes do ambiente cartazes colados prescreviam a quantidade exata e o tipo de alimento que se deve comer, a fim de melhorar a qualidade de vida e de trabalho, todas as calorias, carboidratos, gorduras e proteínas encontradas nos alimentos servidos eram listados. Além disso, cartazes com ensinamentos sobre alimentação e hábitos saudáveis também eram encontrados no espaço (Swallow, 2014).

Dois anos depois de seu início, a cozinha popular – chamada *New England Kitchen* (Figura 4) – passou a integrar a merenda escolar de uma escola secundária de Massachusetts. A demanda era de 300 alunos, com cada refeição custando quinze centavos. A partir do sucesso alcançado nessa escola, em 1894, outras instituições de ensino secundário passaram a contratar a NEK para fornecer as merendas de seus alunos. Com isso, foi promovida a reforma do programa de almoço das escolas públicas de Boston (MIT Archive, 1999).

Figura 4 – The New England Kitchen



Fonte: Ellen Swallow Richards Digital Library (2003)²⁰.

²⁰ Disponível em: <http://web.mit.edu/hartman/public/digital/photos/esr036.html>. Acesso em: 18 jun. 2021.

Dando continuidade no seu ensino sobre nutrição, Ellen desenvolveu um projeto para a *Chicago World's Fair*, em 1893, que incluía uma cozinha modelo, tabelas de alimentação e cartões com informações nutricionais, similar à *New England Kitchen*. Por estar em uma feira de alcance mundial, o interesse científico aqui almejado era o de conscientizar a população como um todo sobre a importância de uma ciência doméstica consciente. Nas palavras de Ellen,

A intenção da demonstração era ilustrar o estado atual de conhecimento no que diz respeito à composição dos alimentos de ingestão humana, os meios de preparar esses alimentos para uma maior disponibilidade nutritiva e a quantidade necessária para cada refeição (RICHARDS, 1893, p. 11).

Mais de dez mil pessoas foram alcançadas por esse projeto e, devido ao seu sucesso, Ellen passou a ser a “principal autoridade na América na preparação de alimentos nutritivos e de baixo custo” (Edwards, 2002). Assim, a Ciência da Nutrição, ensinada por Ellen, foi levada à reforma de programas alimentares de asilos, prisões, orfanatos e universidades e uma série de boletins informativos foi produzida para o Departamento de Agricultura dos EUA (Helvie-Mason, 2010).

4.4 A LEI Nº 14.986/2024 E A IMPORTÂNCIA CONTEMPORÂNEA DA VALORIZAÇÃO DAS MULHERES NA CIÊNCIA

A promulgação da Lei nº 14.986/2024 representa um marco na política educacional brasileira ao determinar a inclusão, na educação básica, de conteúdos que valorizem as experiências, perspectivas e contribuições das mulheres na história, na ciência, na cultura e na sociedade. A lei altera a LDB (Lei nº 9.394/1996) para instituir diretrizes que asseguram o estudo sistemático das produções femininas nos currículos do ensino fundamental e médio, bem como cria a Semana de Valorização de Mulheres que Fizeram História, a ser realizada anualmente nas escolas. Trata-se de uma iniciativa que reconhece desigualdades históricas persistentes e busca corrigir a invisibilização das mulheres nos processos educacionais e culturais que estruturam o país.

Essa legislação estabelece um diálogo direto com esta pesquisa por duas razões centrais. Em primeiro lugar, porque a tese se dedica a examinar a obra de Ellen Richards, uma cientista cuja trajetória representa exemplarmente as dificuldades, resistências e conquistas das mulheres na ciência do século XIX e início do século XX. A experiência de Ellen espelha,

de forma clara, o cenário que a Lei nº 14.986/2024 procura enfrentar, o apagamento estrutural das mulheres nos espaços de produção e circulação do conhecimento, bem como a marginalização sistemática de suas contribuições. Ao exigir que as escolas brasileiras abordem a ciência também a partir de perspectivas femininas, a legislação recupera a própria essência daquilo que a historiadora Margaret Rossiter conceituou como efeito Matilda²¹, a desvalorização recorrente do trabalho intelectual das mulheres, e propõe ações concretas para combatê-lo (Rossiter, 1993).

Em segundo lugar, a lei adquire especial relevância para a área da educação científica, pois reforça a importância de práticas pedagógicas que tornem visíveis as trajetórias de mulheres que contribuíram para avanços técnico-científicos, como é o caso de Ellen na Química Sanitária. Os materiais analisados nesta tese mostram como Ellen articulou ciência, saúde pública, educação e cidadania em uma perspectiva comprometida com a autonomia das mulheres e com a democratização do conhecimento. Ao reconhecer que o ensino científico deve contemplar diferentes experiências sociais e promover equidade nas oportunidades educativas, a Lei nº 14.986/2024 oferece um respaldo normativo contemporâneo para este estudo histórico, conectando as estratégias pedagógicas de Ellen às demandas educacionais do Brasil atual.

A lei sinaliza que o reconhecimento institucional das contribuições femininas na ciência é hoje uma diretriz curricular oficial, e a análise da obra de Ellen permite recuperar um modelo histórico consistente de educação científica voltada à equidade social, acesso ao conhecimento e à formação de mulheres como sujeitos ativos da ciência. Nesse sentido, esta tese contribui para o movimento contemporâneo de valorização das mulheres ao iluminar a trajetória, as estratégias e as propostas educacionais de uma cientista cuja visão permanece alinhada às transformações necessárias para a educação científica do século XXI.

²¹ O termo é uma homenagem à Matilda Joslyn Gage (1826-1898), forte ativista pelo sufrágio universal e abolicionista. Em 1893 escreveu o ensaio *Woman as an inventor*, onde escreve em forma de protesto contra a crença de que as mulheres não possuem vocação para invenções (Rossiter, 1993; Benedito, 2019).

5 COMUNICAÇÃO TÉCNICA E A ANÁLISE DE MATERIAIS ESCRITOS

As estratégias de ensino aplicadas por Ellen em suas aulas, presenciais ou por correspondência, apresentaram resultados significativos quando observamos seus impactos no sistema educacional estadunidense. A cientista alcançou sucesso em influenciar a progressão do sistema educacional do MIT, além de expandir o acesso ao conhecimento científico para mulheres no seu país e no Canadá. Seu trabalho como instrutora de Química Sanitária resultou ainda em um impacto mundial quando sua metodologia e pesquisa alcançaram os laboratórios de diferentes partes do mundo, o que prova a excelência de suas contribuições científicas.

Ao procedermos com a pesquisa bibliográfica a respeito dos estudos e análises de estratégias e metodologia de ensino nos deparamos com o termo *Technical Communication*, que traduzido literalmente para o português seria Comunicação Técnica. Entende-se que a comunicação técnica é referente à escrita de materiais científicos e/ou tecnológicos (Durack, 1997). A partir do estudo da comunicação técnica, muitos estudiosos e educadores passaram a se valer de novas metodologias e estratégias pedagógicas para suas disciplinas (Rivers, 1994), ou seja, o resgate histórico de estratégias de ensino e técnicas de comunicação científica podem enriquecer as discussões e práticas pedagógicas atuais.

A importância desses estudos se fez notar e o campo de pesquisas em comunicação técnica se ampliou de modo que nos anos finais do século XX surgiram estudos que possuem como foco não apenas as estratégias retóricas usadas nos textos, mas também as pessoas que os escrevem, que os leem, bem como o contexto social e político no qual os autores desses materiais estão inseridos (Lippincott, 1999).

O estudo e a análise desses materiais científicos podem evidenciar uma visão mais profunda de “como as práticas de redação técnica são influenciadas por fatores institucionais, relações, pressões e tensões políticas, econômicas e/ou sociais” (Longo, 1998, p. 61).

Por mais que não tenhamos encontrado nenhuma evidência clara nos textos que analisamos, de que Ellen usou diferentes estratégias e metodologias de ensino de maneira consciente, Perelman e Olbrechts-Tyteca (1969) afirmam que o meio cultural e histórico de um determinado grupo ou público-alvo podem ser discernidos nos textos escritos. Ou seja, aplicando as principais categorias de análise de conteúdo e de conceitos retóricos, podemos avaliar os textos de Ellen e inferir as diferenças que ela identificava para cada grupo.

Nesse sentido, buscamos evidências textuais que demonstrem as diferenças na comunicação científica de Ellen quando na presença de gêneros distintos. Além das muitas

contribuições de Ellen para a química, e para as ciências em geral, e de sua inegável participação no ensino científico estadunidense previamente citada, a cientista produziu dezenas de livros e artigos, diversos boletins governamentais, centenas de discursos e panfletos, que hoje nos permitem analisar suas estratégias retóricas e as estratégias de ensino que escolheu aplicar.

Segundo Lippincott (1999), o livro *Women in Science: Antiquity through the 19th Century* cita uma série de mulheres cientistas:

muitas delas formadas em astronomia, genética, química, ou botânica [...] Essas mulheres foram pioneiras em vários campos, fazendo importantes descobertas e contribuições tanto para a ciência quanto para o avanço da educação para mulheres. Porém, poucas deixaram algum material escrito [...] Em contraste, a impressionante lista de publicações de Ellen Richards revela sua participação nos campos científicos, tecnológicos, educacionais e de saúde pública (p. 4).

Nosso estudo estará centrado em quatro obras da cientista, duas voltadas para o público acadêmico, seus alunos no laboratório de Química Sanitária do MIT e outros estudantes de Química e Engenharia Sanitária, em sua maioria homens com acesso ao conhecimento científico. E duas outras obras voltadas para o público em geral, com foco principal nas mulheres e donas de casa com pouco, ou nenhum, acesso às instituições científicas.

Antes de prosseguirmos com a análise de conteúdo, gostaríamos de destacar que as diferenças entre as obras aqui analisadas são perceptíveis nos prólogos de cada livro. Enquanto os materiais escritos para os estudantes do MIT buscam elucidar a importância da química enquanto ciência aplicada, fazendo correlação entre esta disciplina e outras mais, os materiais publicados para a população em geral promove a tomada de consciência de que ações individuais alcançam resultados para toda a sociedade.

No livro *Laboratory notes: sanitary chemistry and water analysis* (1896), escrito para o público acadêmico, a autora introduz o estudo da Química Sanitária destacando a relação entre os problemas de saúde pública e a presença de micro-organismos na água e no ar. Para Ellen, enquanto a biologia estuda propriamente esses micro-organismos, a Química Sanitária se preocupa com a detecção e com a interpretação das alterações que esses organismos provocam nos materiais em que se desenvolvem.

A parte técnica desse material é ainda mais clara quando a cientista descreve a divisão adotada por ela na escrita do livro:

É evidente que qualquer classificação dos tópicos aqui feita é apenas temporária e está baseada provisoriamente no estado de conhecimento atual. A análise da água e a análise do ar são tratadas em uma seção separada. No estudo da água, os produtos da ação bacteriana devem ser cuidadosamente estudados e determinados com precisão, para que a interpretação de seus resultados seja válida. A análise do solo será omitida nesse material, visto que já foi integralmente descrita em outros estudos sobre química agrícola. Já a análise de alimentos será tratada em linhas gerais e serão consideradas apenas algumas substâncias típicas, de forma que os métodos de análise fornecidos elucidarão apenas o aspecto científico e não os detalhes técnicos do assunto (Richards, 1896, p. 1).

No livro *Air, Water, and Food from a sanitary standpoint* (1909), o prólogo destaca o crescimento de pesquisas que relacionam o ambiente físico com o bem-estar mental e com a saúde, e revela que o objetivo desse material é fornecer informações diretas e objetivas a respeito do que considera ser os três elementos essenciais para uma vida saudável: água, ar e comida.

O caráter técnico e especificamente acadêmico desse livro é explícito:

Os capítulos sobre métodos analíticos foram consideravelmente ampliados; o caráter dos assuntos adicionados tende a tornar o trabalho mais adequado às necessidades do engenheiro químico e sanitário, bem como dos estudantes em geral [...] No geral, os métodos foram revisados ou modificados, e os provisórios foram mantidos ou descartados conforme as experiências indicaram seu valor. A bibliografia foi revisada e atualizada (Richards; Woodman, 1909, p. iv).

Enquanto isso, no livro *Sanitation in daily life* (1907), escrito para a sociedade geral, em especial para mulheres e donas de casa, a cientista introduz o tema da Química Sanitária como um estudo abrangente da higiene e do saneamento no contexto da vida cotidiana. Ela destaca a interconexão entre a limpeza pessoal, a pureza da água, o tratamento adequado dos resíduos e a manutenção de ambientes saudáveis. O prólogo também aborda questões sociais e educacionais relacionadas à promoção da higiene em todos os aspectos da vida diária.

A exemplo um trecho da obra:

As ciências sanitárias ensinam um modo de vida que promove a saúde e a eficiência. Todo indivíduo faz parte de uma comunidade que influencia e é influenciada pelo ambiente comum. [...] As características do meio ambiente são naturais, como o clima, e artificiais, produzidas pela atividade humana, como ruído, poeira, vapores tóxicos, ar contaminado, água suja e alimentos impuros. O estudo deste ambiente se desenvolve em duas linhas principais: Em primeiro lugar, o que é muitas vezes chamado de limpeza municipal – a cooperação dos cidadãos na garantia de ruas limpas, a supressão de perturbações, o abastecimento abundante de água, a inspeção do mercado, etc. Em segundo lugar, as tarefas domésticas da família. O lar saudável exige uma administração que promova uma vida vigorosa e evite a deterioração física tão evidente nas condições modernas (Richards, 1907, p. v).

No segundo livro destinado ao público feminino, *The Chemistry of Cooking and Cleaning* (1882), que será analisado nessa tese, a autora traz em seu prólogo a importância da família e da casa para um país, e infere que todo cientista deve aplicar seus conhecimentos para facilitar e melhorar a vida doméstica.

Nesta era da ciência aplicada, toda oportunidade de beneficiar a família deve ser aproveitada. A família é o coração da vida do país, e todo filantropo ou cientista social deve começar nesse ponto. O que quer que seja, iluminará a mente e aliviará o fardo do cuidado de cada dona de casa, será uma dádiva. No momento atual, em que energia elétrica e fogão a gás são tópicos de conversas familiares, não há, afinal, nenhum ramo da ciência que será mais benéfico para a comunidade, se devidamente entendido, do que a Química – a Química do dia a dia (Richards, 1882, p. vii).

Na introdução desse material, Ellen diz que acredita existir um espaço ainda não ocupado, na ciência, para um trabalho destinado a um público que não esteja familiarizado com a leitura científica. Segundo ela, o objetivo desse livro é direcionar de maneira prática e definida os conhecimentos químicos relacionados ao dia a dia de uma família.

Analisando os prólogos de cada livro, percebemos nitidamente a diferença na abordagem textual escolhida por Ellen para definir a Química Sanitária para seus leitores. Quando se comunica com o público feminino e com baixo conhecimento científico, Ellen descreve a química sanitária como o estudo das substâncias químicas presentes no ambiente e seu impacto na saúde humana. A ênfase se encontra na compreensão básica dos princípios químicos relacionados à higiene e saúde, como a relação entre a poluição do ar e a respiração saudável, ou a influência da água contaminada na transmissão de doenças.

Todavia, quando escreve para um público com maior domínio dos conceitos científicos, a autora traz a definição de química sanitária de forma mais detalhada, como um campo interdisciplinar que combina conhecimentos de química, microbiologia, engenharia ambiental e saúde pública. Ela busca se aprofundar nos processos químicos envolvidos na purificação da água, na desinfecção de ambientes, na eliminação de poluentes, na prevenção de doenças através da análise química e da aplicação de técnicas laboratoriais específicas.

São muitas as evidências que nos permitem diferenciar os públicos e as estratégias de ensino e de comunicação adotadas por Ellen. Um olhar mais detalhado nos fez perceber que além das escolhas de termos, contextos e experimentos distintos para cada gênero, a cientista publicava seus materiais escritos em editoras diferentes, baseando-se numa questão de gênero (Figura 5).

Figura 5 – Publicações de Ellen Richards



Fonte: Richards (1909, p. ii)

Ao analisar as obras de Ellen publicadas na editora *John Wiley & Sons* percebemos que seu conteúdo é majoritariamente científico e direcionado para acadêmicos. Os títulos deixam claro que tais livros são científicos como o livro *Laboratory Notes on Industrial Water Analysis: a survey course for engineers* e *The Cost of Living as Modified by Sanitary Science*, a títulos de exemplo.

Essa editora foi fundada em 1807, em Manhattan, EUA, e inicialmente se concentrava na publicação de títulos literários. Posteriormente, a editora passou a publicar títulos nas áreas técnica, científica e de engenharia. Suas publicações concentram-se na edição e distribuição de obras acadêmicas, incluindo enciclopédias, livros e periódicos, e sua atuação prioriza literatura especializada e recursos didáticos destinados a pesquisadores, profissionais da saúde e ciência, discentes de graduação e pós-graduação e docentes.

Ao contrário dos livros publicados para o público científico, as obras direcionadas exclusivamente para mulheres, ou para o ambiente doméstico e o público em geral, eram publicadas na *Whitcomb & Barrows*. Nessa editora percebemos que os livros publicados fazem referência à alimentação, limpeza e o saneamento aplicado ao dia a dia.

Embora não tenhamos encontrado, em artigos, informações a respeito dos fundadores dessa editora e da natureza de suas publicações, o site *Open Library*²² fez um levantamento dos principais temas e autores encontrados nas publicações da *Whitcomb & Barrows*. Os temas mais discutidos nas obras dessa editora são: Economia Doméstica, Enfermagem, Cozinha Americana, Higiene, Biografias e Saneamento Doméstico. Dos 23 principais autores a publicar nessa editora, 18 são mulheres.

A análise das estratégias editoriais de Ellen revela uma clara segmentação de público e propósito em suas obras. Enquanto seus trabalhos publicados pela *John Wiley & Sons*, com linguagem técnica e abordagem rigorosa, atendiam a acadêmicos e profissionais das ciências, os livros divulgados pela *Whitcomb & Barrows*, não menos rigorosos, entretanto com linguagem menos centradas no tecnicismo, eram voltados a mulheres e ao cotidiano doméstico, abordando temas práticos como higiene, alimentação e saneamento. Essa dualidade reflete a adaptação de Ellen a diferentes expectativas de gênero em sua época, além de evidenciar como as editoras, por meio de suas linhas temáticas, reforçavam papéis sociais distintos.

A predominância de autoras femininas na *Whitcomb & Barrows* sugere ainda que essa editora funcionava como um espaço de expressão para mulheres em áreas tradicionalmente associadas a elas, contrastando com o perfil mais técnico e masculinizado da *Wiley*. Assim, a escolha das editoras por Ellen não era aleatória, mas sim um reflexo consciente de seu público-alvo e dos contextos socioculturais em que suas obras circulavam.

5.1 ANÁLISE POR CATEGORIAS

Dando sequência na leitura dos livros, os materiais foram analisados apoiando-se no referencial teórico da Análise de Conteúdo pela concepção de Bardin (2011) que, como explicitado na metodologia, visa obter, por procedimentos sistemáticos, indicadores que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção das mensagens.

²² Disponível em: https://openlibrary.org/publishers/Whitcomb_&_Barrows Acesso em 28 mai. 2025.

Para entendermos tais condições de produção, definimos *a posteriori* as seguintes categorias: Identificação com o Público (1), Autoridade Científica (2) e Contextualização (3), Nível de Detalhamento Científico (4) e Complexidade Experimental (5). Além disso, utilizaremos siglas para diferenciar os livros discutidos: SDL para *Sanitation in daily life*, LN para *Laboratory notes: sanitary chemistry and water analysis*, CCC para *The Chemistry of Cooking and Cleaning* e AWF para *Air, Water and Food from a sanitary standpoint*.

Nesse ponto, abrimos um parênteses para explicar a escolha da última obra, que se justifica apesar de sua coautoria com Alpheus G. Woodman (1873-1963), uma vez que o livro representa, de modo inequívoco, a consolidação do projeto intelectual e pedagógico de Ellen Richards no campo da Química Sanitária. Em primeiro lugar, Richards figura como primeira autora da obra, o que, na prática editorial e acadêmica indica liderança conceitual. Em segundo lugar, a própria edição de 1914, publicada após seu falecimento, confirma essa centralidade ao afirmar que “o livro foi escrito inicialmente a partir de uma perspectiva ‘missionária’ (o ponto forte da Sra. Richards)” e que sua morte “provocou uma mudança necessária na autoria da obra e [...] conseqüentemente, o caráter de parte da discussão geral foi consideravelmente alterado” (Woodman; Norton, 1914, p. iii).

Tais declarações evidenciam que o caráter original da obra, tanto em sua orientação moral quanto em seu propósito formativo, derivava diretamente da visão de Ellen, cuja atuação pioneira no MIT e na Química Sanitária moldou o livro desde a primeira edição. Assim, analisar o AWF é essencial para compreender a extensão e a maturidade de sua contribuição à educação científica e sanitária, pois trata-se de um texto que, embora não exclusivamente autoral, é profundamente marcado por sua liderança intelectual e por sua concepção de ensino experimental.

A fim de conseguir explorar nesse documento todas as categorias acima citadas, definimos dois tópicos que aparecem com frequência nos livros selecionados para a análise, para que assim pudéssemos discutir as comparações e diferenciações propostas em nossos objetivos. O primeiro tópico a ser analisado nos livros foi qualidade do ar e sua relação com a concentração de dióxido de carbono (CO₂) e a poluição atmosférica. Enquanto nos materiais acadêmicos a cientista decide por criar um tópico exclusivo para discutir esse tema, nos materiais destinados às mulheres, Ellen discorre sobre o assunto em um capítulo chamado “*The Clean House*”, no SDL, e no CCC o tema não é discutido.

O segundo ponto analisado nas categorias foram os métodos de análise de farinha e a contaminação de alimentos, dado que esse produto se destaca tanto no uso doméstico quanto

em processos industriais, sendo matéria-prima fundamental para a produção de pães, bolos, biscoitos, empanados e diversos outros alimentos. Nesse sentido, a análise química e sanitária das farinhas revela-se especialmente relevante, uma vez que dialoga simultaneamente com o público feminino do século XIX, diretamente envolvido nas tarefas domésticas, e com o público masculino e científico, responsável pela investigação em escala mais ampla desse produto.

No livro LN a autora apresenta um tópico específico para a análise de farinha. No livro AWF, os últimos capítulos do livro se dedicam a falar sobre a química dos alimentos e apresentam técnicas de análise desses alimentos. Já no SDL esse tópico não pôde ser encontrado de maneira a se relacionar com nenhuma das categorias de análise propostas nessa tese. No livro CCC os três primeiros capítulos envolvem a química de alimentos e, também, o estudo da farinha. Nesse livro todas as categorias de análise puderam ser debatidas nesse tema, exceto o último que trata da complexidade experimental, visto que o livro não apresenta nenhuma proposta de análise de alimentos.

5.1.1 Identificação com o Público

Nessa categoria buscamos indicadores que demonstrem como Ellen se colocava como parte desses determinados grupos determinados – cientistas ou donas de casas – para criar identificação e, portanto, aceitação de suas ideias com os membros desses mesmos grupos. Estudiosos da comunicação técnica e científica sugerem que para criar esses laços com os leitores é possível usar expressões linguísticas e vocabulários que se alinhem “com os valores implícitos mantidos pelos membros de uma comunidade e permite que o orador crie uma comunhão social com o público daquela comunidade (Lippincott, 1999, p. 6).

5.1.1.2 *Sanitation in Daily Life*

No livro SDL, a cientista busca essa identificação ao garantir para seu público feminino que aprender sobre a química e as ciências as ajudariam a realizar seus trabalhos com mais facilidade e de forma a proteger a saúde de suas famílias. Nesse sentido, Ellen transforma o lar em um laboratório, demonstrando como o conhecimento científico permitiria que as mulheres identificassem e resolvessem o problema da qualidade do ar em seus lares.

Diferente da maioria das escritoras e cientistas de sua época, Ellen buscava elucidar as vantagens de se aplicar a ciência no ambiente doméstico. Jane Marcet, por exemplo, pede desculpas no prefácio de seu famoso livro *Conversations on Chemistry* (1817) por ousar publicar um livro sobre ciências e teme ser considerada uma prática inadequada para seu gênero (Marcet, 1817; Lindee, 1991). Em contraste, Ellen busca identificação com seu público ao demonstrar que a ciência pode e deve ser aplicada por mulheres em seu lar. Charlotte Smith Angstman, colega de Ellen, relata que

Enquanto trabalhava no laboratório de química, em 1871, um educador proeminente, já falecido, fez um comentário sarcástico para ela (Ellen): “O que você espera que isso vá acrescentar no seu trabalho na cozinha?” Ela respondeu: “Como se eu precisasse necessariamente passar minha vida na cozinha, **ou como se não houvesse química para ser usada na cozinha** (Angstman, 1898, p. 675-676, grifo nosso).

Com isso, percebemos que desde o começo de sua carreira, Ellen não rejeitou as tarefas convencionais atribuídas às mulheres, em vez disso encontrou uma maneira de aplicar a química na esfera doméstica. Notamos que ela se posiciona dentro desse público feminino, muitas vezes usando o termo “nós” para criar comunhão e identificação com esse público.

Por exemplo, quando Ellen se refere às donas de casa no livro SDL para explicar a necessidade de formar uma corrente de ar em casa, a fim de evitar o aumento da concentração de CO₂ proveniente da respiração, ela diz:

A solução é manter o ar de dentro da casa o mais parecido possível com o de fora. Isso significa ter uma circulação livre do ar, sem espaços para reter o ar poluído. No verão isso não é difícil, mas a qualquer vento do outono **nós** fechamos nossas janelas e **nós** usamos o calor artificial sempre que podemos (Richards, 1907, p. 28, grifo nosso).

Essa estratégia, além de demonstrar que a química está envolvida em tarefas e ações diárias e, por isso, é realmente compreensível, demonstra que a autora também se posiciona como membro de um grupo responsável por se apropriar dos conceitos científicos envolvidos nessas tarefas. Desta maneira, “ela torna a ciência pessoal, não distante, o que pode servir para aumentar o interesse de seu público e a receptividade à sua mensagem à medida que ela torna o objeto do discurso presente na mente” (Lippincott, 1999, p. 119).

Essa personalidade traz para o material de Ellen um tom coloquial e os pronomes inclusivos demonstram que a cientista se dirige ao público feminino, em especial àquelas que se dedicam exclusivamente para o cuidado com seu lar, como pares, gerando uma associação íntima com esse público. Ao contrário, a maior parte dos livros com fins didáticos de autoria

masculina ensinavam ciências “sem personalidades e sem contextos, e pressupunha pouco contato entre professor e aluno” (Gates; Shteier, 1997, p. 9).

Segundo Gail Lippincott,

O uso do plural, o pronome pessoal “nós”, portanto, pode ser entendido como servindo a dois propósitos: imediatamente inclui o autor como parte do público comum; ao mesmo tempo, convida o público [para que] se considere cientistas, colegas do autor. Ambos os significados servem para fundir o orador com o público e, portanto, criar comunhão (1999, p. 119).

Como dito anteriormente, para criar essa identificação com o público, o autor também pode fazer uso de valores e tradições compartilhados por determinado grupo. Ao longo do restante do texto, Ellen se refere às tarefas domésticas para explicar o que é o dióxido de carbono e o quanto o ser humano é capaz de produzi-lo durante a respiração.

O dióxido de carbono é um produto residual sem nenhuma utilidade, portanto deve ser removido como qualquer outro resíduo. (...) Uma pessoa emite tanto CO₂ durante a respiração quanto seria produzido pela queima de meio quilo de carvão (Richards, 1907, p. 24)²³.

Baseando seu discurso no público para o qual escreve, Ellen estabelece o campo de trabalho dessas mulheres ao ajudando na resolução de problemas relacionados ao seu lar ao aplicar as análises químicas que irá propor. Ela identifica suas próprias experiências com as do seu público e “ao criar esses exemplos domésticos a partir dos locais de trabalho das mulheres, Richards reconhece as experiências não acadêmicas e de gênero social de seu público, em vez de silenciá-las” (Lippincott, 1999, p. 120).

5.1.1.3 *The Chemistry of Cooking and Cleaning*

A partir de suas próprias experiências – seja com as responsabilidades domésticas ao longo da vida, o contato com os clientes na mercearia de seu pai ou as aulas ministradas no Woman’s Laboratory – Ellen escreveu, em 1882, esse livro (Swallow, 2014). Seu objetivo era de atribuir valor profissional ao trabalho doméstico, propondo que ele se baseie em princípios científicos. Para isso, a autora combina as características dos manuais de aconselhamento doméstico com os textos de divulgação científica, estabelecendo um diálogo próximo de seu público-alvo, as mulheres donas de casa, especialmente mulheres de classe média.

²³ Entendemos que o descarte de resíduos e lixos, bem como a queima de carvão em fogões e lareiras são práticas presentes no dia a dia da trabalhadora doméstica no século XIX.

Logo no primeiro capítulo do livro, Ellen demonstra claramente que se aproxima de seu público feminino ao optar por se identificar como uma dona de casa e não como uma cientista. Isso fica explícito no trecho a seguir: “Existem cerca de setenta dessas substâncias elementares [átomos] conhecidas pelo químico; cerca de dez ou doze delas fazem parte dos compostos que **nós** usamos na cozinha. As outras são encontradas apenas no laboratório químico ou na maleta de remédios do médico (Richards, 1882, p. 3, grifo nosso).

Percebe-se que Ellen busca estabelecer uma conexão com suas leitoras ao valorizar os elementos químicos presentes nos ingredientes cotidianos da cozinha, deixando em segundo plano aqueles encontrados apenas no laboratório ou no consultório médico. Essa escolha revela uma estratégia consciente de identificação com seu público, composto majoritariamente por mulheres, ao se colocar no mesmo espaço de vivência que elas. Ainda que frequentasse laboratórios diariamente e dominasse o conhecimento científico, Ellen prefere adotar uma linguagem próxima da experiência doméstica, reforçando a ideia de que a ciência pode, e deve, dialogar com a vida prática.

A escolha de Ellen em adotar uma linguagem acessível e vinculada ao espaço doméstico reflete uma estratégia de comunicação, e também um movimento pedagógico coerente com o contexto histórico da Educação Científica voltada às mulheres. Ao se apresentar como uma dona de casa, e não como uma cientista, Ellen rompe com a hierarquia tradicional do saber científico e aproxima o conhecimento químico da vida cotidiana.

Essa postura dialoga com o que Oliveira (2008) aponta sobre a formação em Economia Doméstica nos séculos XVIII e XIX, quando o ensino de ciências voltado ao público feminino passou a ser concebido como uma forma de valorizar o saber doméstico e legitimar a mulher como agente ativa na aplicação prática da ciência. Assim, Ellen Richards não apenas traduz conceitos químicos complexos para o cotidiano das mulheres, mas também reafirma a relevância social e educativa do espaço doméstico como lugar de produção e aplicação do conhecimento científico.

5.1.1.4 *Laboratory Notes: sanitary chemistry and water analysis*

Em contrapartida, no livro LN, Ellen busca identificação com seus leitores e alunos de forma mais sutil. Percebemos que uma das principais estratégias para se aproximar de seus alunos homens é usar uma postura mais educacional ao invés de se posicionar como um membro desse grupo, como fez com as mulheres. Essa análise é similar à visão da

pesquisadora Gail Lippincott, quando esta analisa os documentos publicados por Ellen, relacionados à análise de alimentos, no Conselho de Saúde de Massachusetts.

Em particular, embora Richards seja bem conhecida dos membros do Conselho, ela aparentemente usa uma postura educacional, em vez de uma postura abertamente persuasiva para estabelecer adesão, talvez devido ao seu sexo (Lippincott, 1999, p. 99).

Ellen inicia o tópico de análise do ar, no livro LN, descrevendo o propósito de tal estudo seguido de uma descrição breve dos materiais que podem ser usados para fazê-lo.

A determinação do dióxido de carbono no ar de edifícios tem o propósito de estimar a eficiência da ventilação. A determinação é feita usando um volume conhecido de ar em contato com algum agente pelo qual o dióxido de carbono é absorvido, formando um composto estável. Os agentes utilizados são os hidróxidos de potássio, sódio, cálcio ou bário (Richards, 1986, p. 26).

O fato de invocar imediatamente seus conhecimentos científicos, seja abordando diretamente a metodologia experimental, ou, nesse caso, envolvendo as substâncias químicas a serem usadas, traz uma categoria impessoal e uma autoridade do método científico, que segundo Perelman e Olbrechts-Tyteca (1969) pode servir para conquistar a confiança e criar uma relação de identificação com seus alunos.

Além disso, a cientista destaca sua credibilidade como pesquisadora ao mostrar que a escolha do material e da técnica usados é pensada em termos de reação química e estequiometria.

No método normalmente realizado, hidróxido de cálcio ou bário é considerado o mais conveniente. Este último é preferido, uma vez que o carbonato de bário é menos solúvel e a reação é mais nítida. Em qualquer caso, é essencial para a absorção completa do dióxido de carbono que o reagente esteja em grande excesso (Richards, 1986, p. 26).

Ao tratar da análise química de alimentos, nesse livro, Ellen trata de algumas classes como: leite, manteiga, óleos, farinhas e cereais. Para a análise das suas estratégias de ensino, referente aos alimentos, buscamos nos concentrar no que diz respeito à classe das farinhas, como já explicado anteriormente.

Percebemos que Ellen busca uma identificação com o público de maneira similar ao proposto para as análises da qualidade do ar. Inicialmente ela traz um pequeno texto que busca informar seus alunos a respeito dos possíveis testes a serem feitos nesses produtos e das suas principais características.

Esta classe de alimentos geralmente se apresenta na forma seca e não está sujeita a alterações rápidas por microrganismos, e o exame consiste na determinação do seu "valor alimentar". Isso pode exigir um processo

analítico simples, como no caso da quantidade de nitrogênio em uma amostra de glúten vendida para pacientes diabéticos, ou no caso de uma marca de farinha usada em um hospital ou instituição pública. A determinação da digestibilidade propriamente dita pertence mais à bioquímica do que à química sanitária (Richards, 1896, p. 20)

No trecho acima, observa-se que Ellen adota uma estratégia que busca aproximar a análise química de alimentos de situações concretas e socialmente relevantes. Ao recorrer a exemplos específicos, como a farinha destinada a pacientes diabéticos ou utilizada em hospitais e instituições públicas, a autora estabelece uma ponte entre o conhecimento científico e problemas práticos de saúde e nutrição. Essa escolha não é casual, pois ao inserir a química sanitária em contextos de utilidade social, Ellen reforça a pertinência do estudo e legitima o papel da disciplina para além do espaço doméstico. Essa retórica de relevância social dialoga diretamente com o público masculino e acadêmico do MIT, demonstrando que o domínio da química aplicada a alimentos não se restringia às tarefas femininas, mas integrava questões de interesse público e institucional.

Percebe-se que, além de ampliar a análise de alimentos para além do ambiente doméstico, Ellen estabelece uma distinção entre química fisiológica/bioquímica e química sanitária em seu texto, o que revela uma estratégia voltada para a clareza conceitual e para a adequação ao público específico a quem se dirigia. Ao separar os campos de estudo, ela organiza o conhecimento e auxilia os estudantes a compreenderem a finalidade exata de sua formação. Essa demarcação funciona, portanto, como um recurso pedagógico que orienta o olhar dos futuros profissionais, mostrando-lhes que sua atuação em química sanitária possui um objeto de estudo próprio, com métodos e finalidades específicos. Dessa forma, Ellen aproxima-se de seus alunos ao oferecer um quadro de referências claro e direcionado, favorecendo a construção de uma identidade acadêmica e profissional em um campo emergente.

Essa estratégia foi usada em seus textos, direcionados especificamente para um público majoritariamente masculino, possivelmente com a intenção de ser vista como uma cientista competente e como par de seus colegas de trabalho, visto que os textos didáticos masculinos da época eram livres de contexto e pessoalidade e, portanto, deveriam estar focados em guiar os alunos diretamente para os conceitos e práticas científicas (Gates; Shtier, 1997; Perealman; Olbrechts-Tyteca, 1969).

5.1.1.5 *Air, Water and Food: from a sanitary standpoint*

A obra AWF, apresenta um discurso técnico-científico que se articula de maneira especialmente eficaz com leitores pertencentes à comunidade da Química Sanitária, de maneira similar ao que ocorre no LN. Desde suas primeiras páginas, os autores constroem um posicionamento discursivo que pressupõe valores compartilhados pela área, como a centralidade da vigilância sanitária, o rigor analítico e a responsabilidade social ligada ao controle de riscos ambientais e alimentares. Essa aproximação se dá sobretudo por meio de escolhas linguísticas que mobilizam pressupostos comuns e convidam o leitor a ocupar um lugar de coautoria dentro da comunidade científica.

A postura educacional se mantém visível nesse livro, e muitas vezes pressupõe um conhecimento prévio de seus leitores. Como ao falar sobre a composição do ar e sobre a proporção entre a quantidade de oxigênio e de dióxido de carbono, os autores afirmam que:

Sendo o ar uma mera mistura dos gases nitrogênio e oxigênio, em proporções atômicas indefinidas, e carregando quantidades variáveis de outras substâncias, partículas gasosas e em suspensão, não se pode determinar uma composição precisa. A diferença entre o ar sobre o mar ou um planalto florestal e o ar das ruas da cidade ou de cortiços superlotados parece pequena quando expressa em porcentagem. De 20,98% de oxigênio no primeiro caso a 20,87% e 20,60% no último; de 0,022% de dióxido de carbono no ar mais puro a 0,045% nas cidades e 0,33% em ambientes internos, são as variações comuns; e, no entanto, o efeito dessas diferenças aparentemente pequenas sobre os seres humanos a elas expostos é muito perceptível. **É comum enfatizar essas diferenças expressando os resultados em partes por 10.000.** (Richards; Woodman, 1909, p. 12, grifo nosso).

Nesse trecho, os autores revelam uma estratégia retórica, eles não introduzem a noção de concentração, nem justificam a conversão para partes por dez mil, mas a mencionam como algo comum, isto é, normativo, dentro da comunidade científica. Esse tipo de formulação funciona como um marcador de pertencimento, pois reforça práticas partilhadas e maneiras de apresentar dados que distinguem especialistas e estudantes do público em geral. Ellen Richards e Alpheus Woodman não instruem o leitor sobre como converter porcentagens em partes por dez mil, em vez disso, assumem que essa operação faz parte do conhecimento esperado de um estudante de química sanitária. Eles se dirigem ao leitor como alguém já iniciado nos modos de quantificação, nos padrões metrológicos e nas convenções de representação analítica típicas do ensino de química do MIT daquele período (Hyland, 2000; Swales, 1990).

Do ponto de vista da história da ciência, podemos interpretar esse trecho como expressão do ideal educativo defendido por Ellen Richards, e já debatido no capítulo anterior dessa tese, segundo o qual a formação científica deveria desenvolver autonomia crítica e capacidade de julgamento técnico, em vez de apenas transmitir conteúdos elementares. Assim, quando os autores comentam que “é comum” expressar resultados em partes por dez mil, não estão apenas descrevendo uma convenção, estão naturalizando um modo de operar cientificamente, o que Bazerman (1988) identifica como internalização de práticas retóricas científicas.

Esse movimento estabelece identificação com o leitor porque o posiciona como membro pleno da comunidade científica sanitária, atribuindo-lhe conhecimento e competência interpretativa. A ausência de explicações didáticas mais detalhadas sugere confiança nas capacidades do estudante e, ao mesmo tempo, reforça um regime discursivo no qual certas práticas não precisam ser justificadas, apenas reconhecidas e reproduzidas por quem compartilha a formação e os valores daquela comunidade. Assim, o trecho analisado evidencia como os autores constroem identificação com seu público, eles falam a partir da comunidade científica e não para fora dela.

Outro elemento significativo da estratégia de identificação empregada pelos autores diz respeito ao uso sistemático de pronomes masculinos para se referir ao leitor ou ao indivíduo genérico. Embora, na língua inglesa, o uso do singular *they* esteja documentado desde o século XIV, como demonstra Pereira (2022, p. 243), ao afirmar que “a forma singular do pronome *they* [...] pode ser utilizada tanto para se referir a pessoas em geral quanto para uma única pessoa”, os autores optam de modo consciente por evitar essa forma neutra já disponível. A preferência explícita pelo masculino (“*he*”, “*his*”) não decorre, portanto, de uma limitação linguística, mas de uma escolha retórica.

Assim, ao empregarem o masculino genérico, Ellen Richards e Alpheus Woodman reforçam um gesto de identificação identitária: falam diretamente a um público presumido, construindo-o discursivamente. A escolha de pronomes não é arbitrária, ela ajuda a definir quem pertence ao grupo e quem é posicionado apenas marginalmente. O pronome, como marcador discursivo de comunicação, funciona aqui como um mecanismo de construção de pertencimento. Ao invés de recorrer à forma neutra *they*, que abriria espaço para a referência a qualquer leitor, os autores utilizam o masculino de forma consistente, sinalizando que o “leitor ideal” é, de fato, masculino, alinhado ao perfil histórico dos estudantes de ciências aplicadas no MIT da virada do século XX.

O trecho do *Air, Water and Food* reforça essa observação:

Para fornecer de 7.000 a 12.000 litros de ar por pessoa com pureza máxima, é necessário que sejam trazidos à pessoa em repouso cerca de 50.400 litros de ar por hora. Se **ele** estivesse em uma câmara hermética de 3,5 metros quadrados e 2,5 metros de altura, **um homem** atingiria o limite de pureza em 38 minutos; mas nenhum cômodo comum é hermético, e quando a diferença entre a temperatura interna e externa é considerável, ocorre uma troca rápida mesmo com portas e janelas fechadas (Richards; Woodman, 1909, p. 20, grifo nosso).²⁴

Ao falar sobre a análise de alimentos, o livro também reforça a identificação com o público masculino ao qual se dirige. Os autores usam como introdução do capítulo, a importância de estar bem alimentado e sua relação com a qualidade de seu trabalho. Para isso, escreve o seguinte:

O homem pode sobreviver, e de fato sobrevive, com alimentos muito inadequados, até mesmo mais ou menos venenosos, mas é mera sobrevivência e não vida plena. Isso vale não só para o funcionário assalariado, mas também para o empresário, o profissional liberal e o acadêmico. Ter saúde, ser capaz de trabalhar um dia inteiro, é um direito inato do homem (Richards; Woodman, 1909, p. 142).

A repetição explícita de “homem” organiza a cena discursiva em torno de um personagem – masculino, adulto, trabalhador ou estudante – que representa o leitor típico das obras científicas do período. Esse trecho mostra como práticas discursivas podem reforçar estruturas sociais e epistemológicas mesmo quando produzidas por agentes que, na prática, as desafiaram. Ao situar o leitor como masculino, os autores refletem e reproduzem o imaginário científico dominante de seu tempo, contribuindo para a manutenção de uma comunidade discursiva restrita, ainda que, simultaneamente, Ellen trabalhasse para expandi-la (Kosminsky; Giordan, 2002).

Quadro 2 - Síntese da Categoria de Análise: Identificação com o Público

Obra Analisada	Estratégias de Identificação	Estratégias Retóricas	Finalidade da Estratégia
<i>Sanitation in Daily Life</i> (1907)	Inserção da autora no grupo feminino	Uso de pronomes inclusivos (“nós”); exemplos do cotidiano doméstico; Linguagem coloquial	Criar comunhão com o público e legitimar a ciência no espaço doméstico
<i>The Chemistry of Cooking and</i>	Identificação como dona de	Valorização da cozinha como espaço científico;	Aproximar a ciência da vida prática e valorizar

²⁴ As unidades de medida foram alteradas do texto original para facilitar a leitura no Brasil. Originalmente, as medidas são dadas em pés e pés cúbicos.

<i>Cleaning</i> (1882)	casa	Seleção de exemplos cotidianos;	o trabalho doméstico
<i>Laboratory Notes</i> (1896)	Postura educacional e técnica	Linguagem impessoal; Foco em métodos e substâncias;	Construir credibilidade e estabelecer relação de confiança acadêmica
<i>Air, Water and Food</i> (1909)	Identificação com a comunidade científica	Pressuposição de conhecimento prévio; Uso de convenções científicas; Linguagem técnica; uso do masculino genérico	Reforçar pertencimento à comunidade científica e naturalizar práticas do campo

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

5.1.2 Autoridade Científica

A segunda categoria busca investigar como Ellen invocou a autoridade científica dentro de seus textos. O prestígio da autoridade científica é sustentado pelo poder de gerar e disseminar ideias e, em especial, informações legítimas e objetivas (Ortiz, 1978; Santos; Carmo, 2013). Existem duas formas principais de imprimir autoridade em materiais escritos, a primeira é pelo uso de autoridades previamente aceitas socialmente, como o conceito de unanimidade e de senso comum. Isso se dá especialmente pelo uso da terceira pessoa “eles” para indicar categorias de pessoas como cientistas, membros da Igreja, a Bíblia, ou até mesmo os homens, figuras sabidamente importantes e reconhecidas no patriarcado no período que aqui se discute. A segunda é alcançada quando são usadas referências específicas sobre o tema trabalhado (Perelman; Olbrechts-Tyteca, 1969).

5.1.2.1 *Sanitation in daily life*

No livro SDL, Ellen impõe sua autoridade científica de duas maneiras. Logo abaixo do título de seu material, a cientista descreve sua função no MIT como instrutora de Química Sanitária, de forma a consolidar sua autoridade como uma cientista e química conceituada e demonstrar sua posição como educadora, o que faz com que sua palavra seja válida, mesmo que vinda de uma mulher.

A segunda forma com que a cientista demonstra autoridade científica em seu texto é com o uso da técnica de unanimidade. A exemplo, “os sanitaristas modernos tendem a acreditar que, de todas as causas de doenças, a contaminação do ar é de longe a mais

importante” (Richards, 1907, p. 24). Além disso, em outro trecho do material, Ellen também diz que:

Os três elementos essenciais para uma vida saudável são comida, água e ar, e o mais importante deles é o ar. Nisto a maioria dos médicos e higienistas concordam. Embora comamos talvez três vezes ao dia e tomemos água a cada poucas horas, respiramos, em média, vinte vezes por minuto, ou 28.800 vezes a cada vinte e quatro horas (Richards, 1907, p. 25).

Nas frases “os sanitaristas modernos tendem a acreditar” e “a maioria dos médicos e higienistas concordam”, Ellen invoca uma classe de autoridades aceitáveis para o seu público e, ao mesmo tempo, reitera a utilidade de mulheres aprenderem princípios científicos de limpeza e cuidado com o lar (Lippincott, 1999).

Percebemos, nessa análise, que Ellen raramente nomeia os cientistas ou apresenta referências em suas discussões, exceto por uma única nota de rodapé nesta seção (Figura 6). É provável que essa estratégia tenha sido adotada porque as mulheres não estariam familiarizadas com esses cientistas e, portanto, o apelo às suas autoridades seria irrelevante.

Figura 6 - Referência em *Sanitation in daily life* (1907)

¹Signal Service Notes, No. III, “To Foretell Frost.” By James Allen. Washington office of the chief signal officer of the Army.

Fonte: RICHARDS, 1907, p. 29

5.1.2.2 *The Chemistry of Cooking and Cleaning*

Diferente do que foi feito no SDL, Ellen apresenta diversas referências bibliográficas ao longo desse livro. Entendemos que essa diferença se dá pelo fato dessa obra ter sido escrita com o objetivo de servir, também, como material de estudo para as alunas frequentadoras do Woman’s Laboratory, no MIT, e para as alunas de seus cursos por correspondência.

Ainda que o livro tenha sido divulgado e publicado como um material direcionado para as donas de casa em geral, o fato de ter sido usado como material didático nas aulas de Ellen, demonstram a importância de seguir, até certo ponto, os rigores dos materiais científicos.

Todavia, percebemos que Ellen continua a firmar sua autoridade científica, quando escreve para mulheres, em especialistas e, principalmente, médicos. Embora na primeira página do livro sua posição como Instrutora de Química do Woman’s Laboratory no MIT seja

destacada, essa informação não é citada novamente em nenhuma outra página. Ao falar sobre a farinha e a produção de pães, Ellen afirma que “desde que a química da fermentação da levedura passou a ser melhor compreendida, houve uma mudança de opinião, e **quase todos os cientistas e médicos** agora recomendam o pão fermentado (Richards, 1882, p. 26, grifo nosso).

Ao falar sobre a presença de nitrogênio nos alimentos, Ellen apresenta diferentes tabelas para explicitar a relação entre a quantidade de substâncias nitrogenadas e não nitrogenadas. Ao fim das tabelas, a autora explicita que os meios de análise usados para tais dados foram estimados por 12 diferentes autoridades (Figura 7).

Figura 7 – Autoridade Científica - CCC

For 130 grms. Nitrogenous Substances.		For 448 grms. Non-nitrogenous Substances.	
Cheese	338	Rice	572
Lentils	491	Maize	625
Peas	582	White Bread	631
Beans "Acker- bohlen "	590	Lentils	806
Ox Flesh	614	Peas	819
Eggs	968	Beans "Acker- bohlen "	823
White Bread	1,444	Eggs	902
Corn "	1,642	Rye Bread	930
Rice	2,562	Cheese	2,011
Rye Bread	2,875	Potatoes	2,039
Potatoes	10,000	Ox Flesh	2,261

DAILY RATIONS IN GRMS.					
	Albuminous (nitrogenous) Food.	Fat.	Starch Food.	Mineral Salts.	Water.
Soldier's Ration (ordinary)	119	56	485		
Soldier's Ration (very rich)	116	209	400		
Working Men	148	87	526	30	2858

(Mean of estimates by 12 different authorities.)

Fonte: Richards, 1882, p. 53

Essa escolha é estratégica: ao invocar a voz de especialistas reconhecidos, Ellen cria uma sensação de consenso científico que fortalece suas recomendações, tornando-as mais difíceis de serem questionadas pelo público leigo. Além disso, ao apresentar-se como

mediadora entre o saber acadêmico e a prática cotidiana, ela assume uma posição de porta-voz da ciência, estabelecendo um elo entre laboratórios, médicos e donas de casa (Rossiter, 1892).

5.1.2.3 *Laboratory Notes: sanitary chemistry and water analysis*

No livro LN, Ellen subtraiu suas informações como cientista e instrutora no MIT. Embora o material tenha sido escrito exclusivamente para o uso de seus alunos, a autora não refere a si mesma como autoridade científica, como fez em seu texto direcionado para as mulheres.

Ao invés disso, fez uso direto de citações e referências exclusivamente masculinas e, cientificamente, confiáveis. Ao longo de apenas três páginas que englobam as análises do ar e sua relação com o dióxido de carbono, Ellen citou cinco artigos (Figura 8), sendo todos escritos por cientistas homens e, em sua maioria, europeus: Adolphe Ganot (1804-1887), Robert Bunsen (1811-1899), Hans Heinrich Landolt (1831-1910), Richard Börnstein (1852-1913) e Edward Hart (1854-1931), sendo este último o único estadunidense.

Figura 8 - Referências em *Laboratory Notes* (1886)

in Fres. Quan. Anal., § 139; *Ganot's Physics*, §§ 355–360; Bunsen, *Gasometrische Methoden*, p. 277; or Landolt and Börnstein's *Tables. Jour. Analyt. and Applied Chem.* vol. vi., 363.

Fonte: RICHARDS, 1886, p. 27-28

Embora possam ser considerados óbvios os motivos que possivelmente levaram Ellen a se apoiar nessas referências, é válido e importante lembrar que, mesmo tendo sua autoridade científica reforçada em muitos setores – como na análise de água, por exemplo – Ellen era sobretudo, uma mulher e, portanto, propor análises e mudanças na sociedade ameaçava transgredir a ideologia do século XIX que via para a mulher apenas um papel submisso e modesto (Campbell, 1994).

Entendemos que devido a essas restrições sociais é possível compreender o caminho metodológico adotado por Ellen em suas estratégias de ensino. Ao ser menos persuasiva e mais educacional, ela elabora um texto que “não é projetado para promover o orador, mas

para criar uma certa disposição em quem o ouve (ou lê)” (Perelman; Olbrechts-Tyteca, 1969, p. 54).

Quando a autora apresenta os métodos de análise da farinha, a busca por autoridade científica ocorre de duas maneiras. Inicialmente, quando distingue a bioquímica e a química sanitária, ao tratar da análise da digestibilidade da farinha, Ellen evidencia uma preocupação em demarcar territórios científicos, conferindo objetividade e rigor ao seu discurso. Essa diferenciação funciona como estratégia de autoridade, pois reafirma sua competência técnica diante de um público predominantemente masculino, para o qual a credibilidade da fala feminina ainda precisava ser constantemente legitimada.

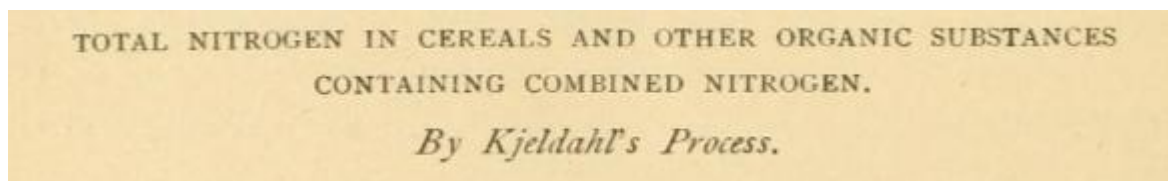
Ao adotar um tom didático e racional, Ellen torna o conhecimento acessível aos estudantes e, para além disso, demonstra sua capacidade de traduzir fenômenos químicos complexos em aplicações práticas. Assim, sua estratégia didática se constrói na interseção entre utilidade, rigor científico e clareza pedagógica, fatores que lhe permitiram conquistar espaço em um ambiente acadêmico que, à época, era marcadamente excludente para as mulheres.

A postura adotada por Ellen ao equilibrar rigor científico e clareza didática pode ser compreendida à luz das reflexões de Garr-Schultz e Gardner (2018), que analisa as estratégias discursivas empregadas por mulheres inseridas nos campos da Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM). Segundo as autoras, muitas dessas pesquisadoras recorreram à linguagem técnica e à ênfase na objetividade como formas de legitimar sua presença em espaços científicos que lhes eram historicamente negados.

“Mulheres em áreas STEM podem sentir-se pressionadas a gerenciar suas impressões devido à discrepância entre as normas de gênero e as normas profissionais” (Garr-Schultz e Gardner, 2018, p. 1). Nessa perspectiva, o esforço de Ellen em demarcar territórios de saber e adotar um tom racional e pedagógico reforça sua autoridade científica, além de representar um movimento de resistência e de inserção na comunidade acadêmica.

Outro aspecto relevante de sua abordagem aparece na escolha do método experimental empregado na determinação de nitrogênio em materiais biológicos: o método de Kjeldahl (Figura 9). Desenvolvido por Johan Gustav Kjeldahl (1849-1900), esse procedimento já era amplamente reconhecido e aplicado em diversos países, sobretudo em análises de alimentos (Ferreira; Monteiro; Silva, 2007).

Figura 9 – Método Kjeldahl's

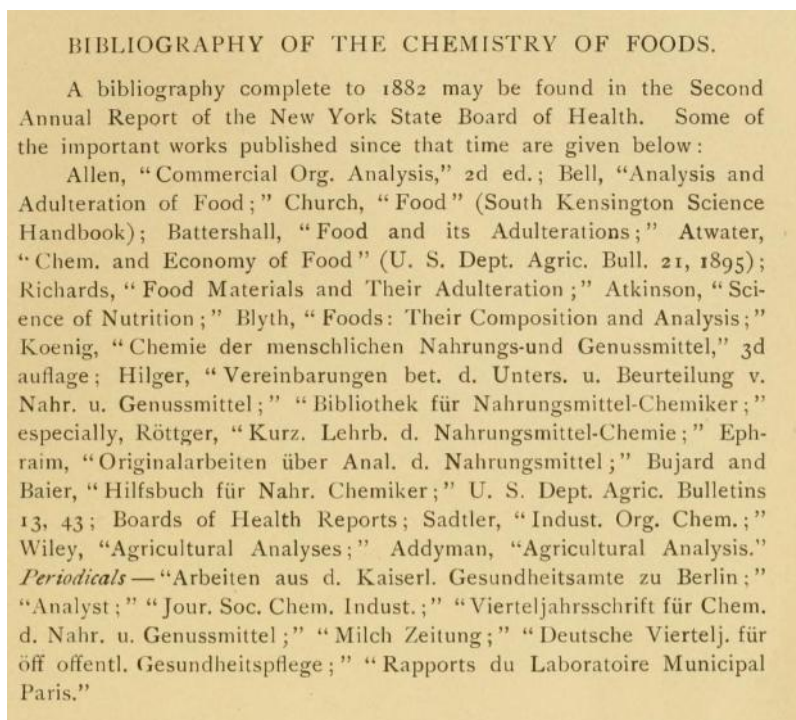


Fonte: Richards, 1896, p. 20

Ao adotar uma técnica consolidada internacionalmente, Ellen assegurava a precisão dos resultados e consolidava sua autoridade científica, bem como aproximava seus estudantes de um repertório metodológico que circulava nos principais centros de pesquisa da época. Essa escolha estratégica funcionava como ponte entre a prática local do ensino de química sanitária e a comunidade científica global, permitindo que seus alunos se vissem inseridos em um campo mais amplo e legitimado.

Além disso, ao final do capítulo, Ellen apresenta uma lista de referências voltadas à química dos alimentos (Figura 10), evidenciando seu esforço em dialogar com a produção científica de sua época. Esse recurso demonstra sua familiaridade com diferentes autores e revela uma estratégia de legitimação acadêmica.

Figura 10 – Bibliografia da Química de Alimentos

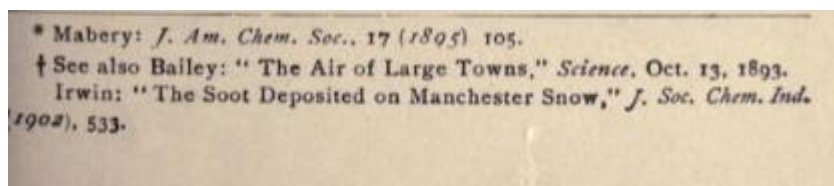


Fonte: Richards, 1896, p. 29

5.1.2.4 *Air, Water and Food from a sanitary standpoint*

Assim como observado no *Laboratory Notes*, o livro *Air, Water and Food* mobiliza um repertório de estratégias destinadas a construir e reforçar a autoridade científica dos autores perante seu público leitor. Uma dessas estratégias é o uso sistemático de referências bibliográficas, muitas vezes apresentadas em notas de rodapé (Figura 11), que ancoram o discurso em uma tradição científica reconhecida. Contudo, o aspecto que chama atenção, tanto do ponto de vista histórico quanto discursivo, é que essas referências se concentram quase exclusivamente em figuras masculinas, reiterando o padrão de gênero predominante no campo científico da virada do século XX.

Figura 11 – Referencial Bibliográfico



Fonte: Richards; Woodman, 1909, p. 17

Esse gesto posiciona os autores dentro de uma rede de autoridade reconhecida, delimitando quem são os interlocutores legítimos no campo. Trata-se, portanto, de uma estratégia de inclusão desses autores e simultaneamente de exclusão de pesquisadoras mulheres, cujas contribuições não aparecem como parte do repertório de citações, apesar de Ellen ser coautora e pioneira no próprio campo da Química Sanitária (Swales, 1990; Hyland, 2000).

Ademais, os autores se colocam no texto como investigadores diretos dos temas propostos para discussão no material. Ao versar sobre a contaminação orgânica do ar, ou seja, a matéria orgânica expelida juntamente com o CO₂ e com a umidade presente na respiração, os autores afirmam que:

Durante as investigações realizadas neste laboratório, ao longo de um período de vinte e cinco anos, nunca foram encontradas evidências de que o pulmão humano saudável emita qualquer substância tóxica. A mesma conclusão foi alcançada pelo Dr. Emanuel Formánek, do Instituto de Higiene de Praga, após uma longa série de experimentos rigorosos (Richards; Woodman, 1909, p. 18).

Esse trecho revela múltiplas estratégias discursivas. Em primeiro lugar, o gesto de se referir a “investigações realizadas neste laboratório” constrói uma autoridade local, ancorada no MIT e na continuidade temporal (vinte e cinco anos de pesquisas). Segundo Latour e Woolgar (1979), isso equivale a produzir fatos estabilizados por meio da acumulação de práticas experimentais repetidas, capazes de gerar confiança no leitor. Ao mencionar o longo período de experimentação, os autores naturalizam a credibilidade do laboratório e, por extensão, do próprio texto.

Todavia, a escolha de não destacar Ellen como líder do laboratório desde 1886 adiciona uma dimensão histórica importante. Paradoxalmente, mesmo sendo ela uma mulher responsável direta pela consolidação da Química Sanitária no MIT, o discurso do livro não explicita sua posição de liderança científica, optando por uma narrativa neutra e institucional (neste laboratório), que atenua a marca de gênero e reforça uma aparência de objetividade impessoal.

Em segundo lugar, a referência a Emanuel Formánek (1869-1929) reforça a construção de autoridade por meio de consenso entre pares masculinos. O trecho articula duas fontes de legitimidade, a pesquisa interna (MIT) e a validação externa (Instituto de Higiene de Praga). Essa dinâmica mostra que a autoridade não emerge somente do experimento, mas do reconhecimento mútuo entre cientistas socialmente legitimados (Daston; Galison, 2007).

No caso da discussão sobre adulteração de alimentos, os autores reforçam sua autoridade científica e sua legitimidade pelo uso explícito de um documento jurídico conhecido como *Food and Drugs Act*, de junho de 1906. A escolha dessa referência é altamente significativa. Do ponto de vista da história da ciência, a intertextualidade com textos legislativos tem a função específica de transformar uma constatação científica em uma norma pública, e uma recomendação técnica em uma obrigação social e legal. De acordo com Daston e Galison (2007), normas científicas se transformam em ideais reguladores quando passam a orientar as práticas laboratoriais e os comportamentos institucionais e sociais mais amplos. É exatamente isso que os autores buscam fazer ao mobilizar o *Food and Drugs Act* como fonte de autoridade.

Além disso, essa referência jurídica permite aos autores situarem seu texto no centro das discussões contemporâneas sobre segurança alimentar. A lei de 1906 foi um marco histórico nos Estados Unidos, representando a institucionalização da intervenção federal na proteção dos consumidores. Ao incorporá-la ao AWF, Ellen e Woodman se beneficiam do

momento de novidade e de urgência, além da autoridade científica associada à legislação recém aprovada.

Vemos então, que para o público feminino, Ellen busca a autoridade do senso comum e de figuras gerais conhecidas e valorizadas pelas mulheres, como médicos, além de usar da sua posição no MIT para validar suas ideias. Porém, quando escreve para o público masculino, Ellen busca a autoridade de cientistas renomados e de artigos publicados e aceitos pela comunidade científica, conforme sintetizado no Quadro 3.

Quadro 3 - Síntese da Categoria de Análise: Autoridade Científica

Obra Analisada	Estratégias de Construção de Autoridade	Estratégias Retóricas	Finalidade da Estratégia
<i>Sanitation in Daily Life</i> (1907)	Apelo à autoridade institucional e ao consenso científico	Indicação do vínculo com o MIT; Uso de generalizações Ausência de referências	Legitimação do discurso científico para público leigo e reforço da credibilidade
<i>The Chemistry of Cooking and Cleaning</i> (1882)	Combinação entre autoridade científica formal e pedagógica	Uso de referências bibliográficas; Menção a especialistas; Apresentação de dados e tabelas	Construir confiança no conteúdo e posicionar a autora como mediadora entre ciência e cotidiano
<i>Laboratory Notes</i> (1896)	Autoridade baseada em validação científica externa e rigor metodológico	Uso intenso de citações; Linguagem técnica; Descrição de métodos e técnicas reconhecidas	Reforçar credibilidade acadêmica e legitimar a sua atuação em um ambiente científico masculino
<i>Air, Water and Food</i> (1909)	Autoridade construída por relações científicas e institucionais	Referências bibliográficas e jurídicas; Menção às próprias pesquisas laboratoriais	Se inserir na comunidade científica e fortalecer o discurso como conhecimento validado

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

5.1.3 Contextualização

A terceira categoria que investigamos centra-se em como Ellen contextualizou seus textos ao escolher fatos para destacar para cada público-alvo. O autor pode escolher elementos em particular que vão atrair a atenção de quem o lê e é um elemento essencial na escrita (Lippincott, 1999). À medida que o público muda, o argumento também deve mudar,

de forma que os fatos selecionados demonstrem a “importância e a pertinência implícita para a discussão” (Perelman; Olbrechts-Tyteca, 1969, p. 116).

A escolha de exemplos que falam diretamente ao universo do leitor é uma forma de criar proximidade discursiva e de tornar o conteúdo científico mais familiar, inteligível e significativo. Bazerman (1988) argumenta que a ciência incorpora elementos do mundo social de seus leitores como forma de estabelecer significados e garantir a adesão cognitiva. Nesse sentido, contextualizações não são meras ilustrações, elas constituem uma estratégia de construção de autoridade, ao mostrar que o conhecimento científico possui aplicações práticas no mundo que importa para aquele público específico.

5.1.3.1 *Sanitation in Daily Life*

No livro *SDL*, Ellen fez uso desse recurso diversas vezes, buscando em todas as ocasiões demonstrar a relação entre a qualidade do ar e os temas que perpassam, e/ou perpassavam, a vida cotidiana de suas leitoras. Quando atesta a importância da qualidade do ar e de sua pureza, Ellen diz:

O ar nunca será totalmente limpo e fresco, primeiro porque estará de certa forma confinado, e muitas vezes é contaminado pelos produtos da combustão de lamparinas, pelo uso de fornos e fogões (...) somados aos odores contaminantes do cozimento de alimentos, das poeiras de carpetes e móveis, até que não se tenha dúvidas do porquê tantas pessoas sofrem com ‘gripes’ e debilidades gerais que permitem o ataque de muitas doenças (Richards, 1907, p. 24-25).

Vemos que os fatos levantados para explicitar a contaminação do ar se referem as atividades estritamente femininas no século XIX, como cozinhar, limpar a casa, cuidar dos móveis. Os desdobramentos históricos do século XIX apontam que a sociedade, de um modo geral, se dividia entre domínio público e privado. “Os homens “pertenciam” à esfera pública, pois desempenhavam [...] o papel de provedor da família, e as mulheres “pertenciam” à esfera privada, uma vez que o cuidado do lar funcionava como atividade de contrapartida, dado o sustento financeiro do marido.” (Sousa; Guedes, 2016, p. 1).

Em outras palavras, era considerado natural que o homem ocupasse o espaço público e que para a mulher se limitasse à manutenção do espaço privado. Vemos então que não faria sentido, e nem atrairia a atenção de seu público, falar sobre a poluição causada pelas fábricas ou pelos automóveis já que essa realidade não estava inserida no contexto feminino da época.

Outro argumento usado na contextualização da importância da qualidade do ar é trazido pela autora da seguinte maneira:

É direito inato de toda criança poder respirar ar fresco e limpo e ser ensinada a encher os pulmões respirando profundamente. Se ela reconhecer o odor e o efeito do ar impuro e se acostumar ao ar bom, terá adquirido um bem valioso para a vida. Ela [a criança] corre pouco perigo de tuberculose e menos perigo de resfriados e doenças de garganta. O fato de o corpo se adaptar às condições ambientais não é motivo para tornar essas condições tão difíceis quanto possível (Richards, 1907, p. 26).

Nesse trecho, é possível notar que a cientista busca estabelecer uma relação entre o cuidado com o ambiente e com o ar e seus efeitos na saúde de crianças. Ellen sempre defendeu que o estudo da Ecologia Humana, onde se encaixa a análise da qualidade do ar, deveria ser incentivado ainda mais enfaticamente para o público feminino, pois acreditava que por estarem envolvidas com tarefas de cuidado²⁵ seriam seres revolucionários na busca de uma vida melhor e mais saudável para o ser humano e para o planeta (Sutherland, 2017).

Por ser um material didático escrito diretamente para o público feminino, Ellen deveria saber que essas mulheres, em sua maior parte, eram mães. Portanto, enfatizar o cuidado com as crianças certamente foi uma maneira encontrada para demonstrar a pertinência de sua discussão.

5.1.3.2 *The Chemistry of Cooking and Cleaning*

Ao contextualizar a ciência nesse material, Ellen procura adotar um tom encorajador, em vez de moralista, busca tranquilizar e motivar seu público, afirmando que seria possível aprender o suficiente de ciência para desempenhar as tarefas domésticas com mais eficiência, ao mesmo tempo em que protegeriam a saúde e as finanças de suas famílias. Com isso, procura conquistar a adesão de suas leitoras aos argumentos apresentados. Além disso, a autora atribui centralidade à ciência ao transformar o ambiente doméstico em uma espécie de laboratório, demonstrando de forma recorrente como o conhecimento científico poderia capacitar as mulheres a enfrentar, de maneira consciente, desafios como a crise das adulterações alimentares.

A todo instante a cientista demonstra que a química está diretamente envolvida nos processos e afazeres de uma dona de casa, e para além disso, utiliza de exemplos concretos do

²⁵ Ainda hoje tarefas como cuidar da casa, dos filhos e do parceiro são consideradas essencialmente femininas. Pesquisas afirmam que cuidar foi um papel tradicionalmente atribuído às mulheres, desde épocas longínquas até a atualidade (Hirata, 2011; Maffioletti; Loyola; Nigri, 2006).

cotidiano doméstico para explicar conceitos científicos como ligações e reações químicas. No primeiro capítulo, Ellen inicia sua abordagem utilizando uma analogia: “Reconhecemos as substâncias, assim como conhecemos as pessoas, por suas características (propriedades) e por sua aparência. Ao sabor doce chamamos açúcar; se algo é azedo, chamamos de ácido” (Richards, 1882, p. 1).

Ao recorrer a essa comparação, a autora tranquiliza suas leitoras ao mostrar que a química pode ser compreendida por meio de atividades já familiares do cotidiano. Assim como somos capazes de identificar e classificar pessoas com base em suas características, também podemos aprender, com a mesma naturalidade, a reconhecer as propriedades químicas das substâncias, começando pelas mais conhecidas, como o sabor doce e o sabor ácido.

Além disso, Ellen personifica as propriedades químicas ao compará-las a qualidades humanas, o que torna o conteúdo científico mais próximo e acessível. Essa estratégia didática contribui para aproximar a ciência da experiência diária de suas leitoras, tornando o conhecimento menos abstrato e aumentando a receptividade ao conteúdo apresentado. Essa estratégia usa a metáfora e as analogias como elementos de uma construção cognitiva, visto que podemos considerá-las como “um mecanismo através do qual compreendemos conceitos abstratos e desempenhamos raciocínios abstratos” (Lakoff, 1993, p. 244).

Todavia, a autora demonstra cuidado em explicar que as analogias não são usadas para explicar completamente um conceito científico, ou seja, suas leitoras não devem utilizar da analogia sem um pensamento crítico.

Devemos ter muito cuidado para não transferir nossas ideias de composição, extraídas principalmente das misturas que usamos na vida comum, diretamente para a química. Nessas misturas o produto participa, em maior ou menor grau, do caráter de seus constituintes, que pode ser reconhecido inalterado no novo material. Em todos os casos de uma verdadeira união ou decomposição química, as qualidades das substâncias desaparecem completamente, e substâncias totalmente diferentes com novas qualidades aparecem em seu lugar (Richards, 1882, p. 2).

5.1.3.3 *Laboratory Notes: sanitary chemistry and water analysis*

Em contrapartida, no texto escrito para seus alunos no MIT não encontramos nenhuma contextualização. Nenhum fato ou exemplo que fizesse alusão ao cotidiano dos estudantes. Como dito anteriormente, essa prática era comum aos escritos didáticos feitos por homens no século XIX.

Acreditava-se que o uso de fatos sociais ou culturais seria uma prática “oposta às ciências que se autodenominam duras (hard), realizadas na impessoalidade dos dados, nas clausuras laboratoriais ou em laboriosas exegeses estatísticas” (Chizzotti, 2003, p. 223). Em outras palavras, da segunda metade do século XIX para frente,

a "subjetividade" do narrador – na primeira pessoa – do texto científico pôde efetivamente ser substituída pela "objetividade" do "cientista" abstrato que podia falar por todos os homens (as mulheres não estavam ainda massivamente nas instituições de ensino e pesquisa europeias e norte-americanas), ao mesmo tempo, que era um não-homem em um duplo sentido: não era nenhum homem em particular, mas era um *locus* para o não homem em cada e todo observador singular (Lopes, 2006, p. 45).

Por fim, entendemos que enquanto a exposição de fatos conhecidos e vivenciados pelas mulheres foi uma estratégia positiva no livro *Sanitation in daily life*, tanto para aproximar as mulheres da ciência quanto para demonstrar a importância da química no desenvolver de tarefas femininas, essa mesma estratégia teria sido desmotivadora no livro *Laboratory Notes*. Isso porque Ellen perderia a autoridade científica, discutida no tópico anterior, ao trazer subjetividade ao seu texto. Portanto, entendemos que Ellen optou pela objetividade científica, presentes nos textos masculinos, para manter seu status de pesquisadora e se desvincular do caráter subjetivo que impunha aos seus textos direcionados ao público feminino.

5.1.3.4 *Air, Water and Food from a sanitary standpoint*

Diferentemente do que foi observado no SDL e CCC, no qual a contextualização situava-se primordialmente no âmbito doméstico e nas tarefas associadas à vida familiar, espaços culturalmente codificados como femininos no final do século XIX, e do LN, onde não foi identificada nenhuma forma de contextualização, o livro *Air, Water and Food* adota uma estratégia distinta. Os autores recorrem a exemplos do cotidiano masculino, particularmente aqueles ligados ao trabalho industrial, engenharias, mineração e práticas acadêmicas do campus universitário. Essa mudança de registro revela uma clara consciência do público-alvo da obra, estudantes homens de Química Sanitária no MIT, inseridos em um ambiente técnico-industrial em expansão.

Ao falar sobre a alta presença de dióxido de carbono, os autores contextualizam da seguinte maneira:

O fato de o dióxido de carbono ser, por si só, um fator perturbador é indicado pela observação de que o ar, cujo teor de oxigênio foi reduzido pela

combustão a um ponto em que uma vela não queima mais, pode voltar a ser combustível para a combustão com a remoção do dióxido de carbono. **Uma aplicação prática desse princípio é encontrada nos equipamentos usados em mergulho e na entrada em minas cheias de gases irrespiráveis** (Richards; Woodman, 1909, p. 12, grifo nosso).

Aqui, a contextualização remete a dois universos tradicionalmente masculinos no período, o mergulho, uma atividade técnica militar e naval (Rawlins, 1988) e a mineração, um trabalho industrial pesado predominantemente masculino (Labonne, 1996). Ambos estavam profundamente associados ao imaginário da virilidade e da aplicação prática.

Ao escolher esses exemplos, os autores explicam um conceito químico, e o fazem através de situações que o leitor do MIT reconheceria como parte do repertório técnico de sua futura profissão. Trata-se de um mecanismo de identificação similar ao que Secord (2004) descreve como “conhecimento em trânsito”, o conhecimento científico ganha sentido quando circula por contextos sociais que o legitimam e o tornam culturalmente inteligível.

A mesma estratégia reaparece na explicação sobre a pressão de gases, também ancorada em práticas masculinizadas:

A relação entre a variação de pressão e o desconforto é demonstrada na chamada doença da montanha, sentida em grandes altitudes e no ar rarefeito, e na chamada doença do caixão, **desenvolvida em homens que trabalham em ambientes com ar comprimido**. Se a transição dos caixões para o ar livre for gradual, há poucos problemas, mas uma mudança brusca costuma ser perigosa (Richards; Woodman, 1909, p. 13, grifo nosso).

A doença do caixão, ligada à construção de pontes, túneis e fundações hidráulicas, era amplamente conhecida como enfermidade de trabalhadores homens da engenharia. Inferimos que exemplos desse tipo reforçam um meio científico voltado ao domínio da natureza por meio da técnica, típico das formações masculinas do período. Assim, o exemplo contextualiza um fenômeno químico e o inscreve dentro de uma cultura profissional específica, a cultura técnica-industrial do MIT (Oldenzel, 1999).

Os autores revelam consciência do público-alvo de seu material quando usam como contextualização um grupo de estudantes em um campus, para relacionar a respiração e a demanda de energia através da alimentação:

A atividade muscular aumenta as trocas respiratórias e gera demanda por alimentos. **Uma turma de estudantes atravessando o campus, subindo vários lances de escada, até chegar a uma sala de aula**, renova o ar durante os primeiros dez minutos a uma taxa de uma parte de dióxido de carbono por 10.000, superior à de meia hora depois. As trocas também são estimuladas por uma refeição (Richards; Woodman, 1909, p. 15, grifo nosso).

Nesse trecho, a contextualização opera como dispositivo pedagógico. A escolha da cena, estudantes caminhando entre prédios e salas de aula, funciona como uma ponte entre teoria e experiência vivida, reforçando o sentimento de que o conteúdo é relevante e aplicável.

Por fim, ao iniciar o capítulo sobre alimentação, os autores ampliam essa estratégia ao recorrer novamente a exemplos situados em atividades masculinas típicas da classe trabalhadora: “Alimento é aquilo que constrói o corpo e fornece energia para suas atividades. [...] independente de sua composição química. O carvão mineral contém carbono e hidrogênio e serve de combustível para fornalha, mas não é indicado para o corpo animal” (Richards; Woodman, 1909, p. 143).

A comparação entre alimentação e queima de carvão, um elemento central na economia energética industrial, não é casual. Tal analogia reforça uma visão da nutrição como processo mecânico, compatível com a tradição de ensino em engenharia e química aplicada do MIT. A compreensão da fisiologia é, assim, traduzida pela linguagem da termodinâmica e da combustão, campos de conhecimento familiares a estudantes homens treinados num ambiente de forte orientação tecnicista (Oldenziel, 1999).

Quadro 4 - Síntese da Categoria de Análise: Contextualização

Obra Analisada	Estratégias de Contextualização	Estratégias Retóricas	Finalidade da Estratégia
<i>Sanitation in Daily Life</i> (1907)	Contextualização no cotidiano doméstico e familiar	Exemplos ligados à limpeza, cozinha e ventilação; associação com saúde infantil;	Tornar o conhecimento científico relevante para o cotidiano feminino e reforçar sua aplicabilidade prática
<i>The Chemistry of Cooking and Cleaning</i> (1882)	Contextualização por analogias e experiências cotidianas	Uso de metáforas; Exemplos cotidianos;	Facilitar a compreensão de conceitos abstratos e aproximar a ciência da experiência diária
<i>Laboratory Notes</i> (1896)	Ausência de contextualização social	Linguagem técnica e objetiva; foco em procedimentos e conceitos;	Manter a objetividade científica e reforçar a autoridade acadêmica
<i>Air, Water and Food</i> (1909)	Contextualização em práticas técnico-industriais e acadêmicas	Exemplos de mineração, engenharia e rotina universitária;	Relacionar o conhecimento científico ao universo profissional masculino e reforçar sua relevância técnica

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

5.1.4 Nível de Detalhamento Científico

Nessa seção buscamos compreender como Ellen inseriu informações científicas – em especial, conceitos químicos – em cada um de seus materiais. Tendo em vista que os textos foram produzidos com um fim educacional e formativo, é essencial analisar como se deram as escolhas retóricas que a cientista optou por fazer para cada um de seus públicos.

5.1.4.1 *Sanitation in daily life*

No livro SDL, Ellen raramente trata de conceitos específicos das ciências. São poucas as vezes em que notamos uma explicação científica envolvendo conceitos da química de forma detalhada, com exceção da seção experimental. Ao falar sobre o ar e a concentração de dióxido de carbono, o único trecho em que a cientista entra em detalhes conceituais é o que se segue:

Examinemos brevemente os constituintes do ar. Sua composição apresenta, em média 20,93% de oxigênio, 79,04% de nitrogênio, 0,03% de CO₂, com vestígios de amônia, ozônio, argônio, criptônio (...) O ozônio é uma forma de oxigênio contendo três átomos de oxigênio para a molécula ao invés de dois. É produzido por perturbações elétricas e é encontrado em abundância na costa marítima e nas montanhas, devido à eletricidade atmosférica (Richards, 1907, p. 27).

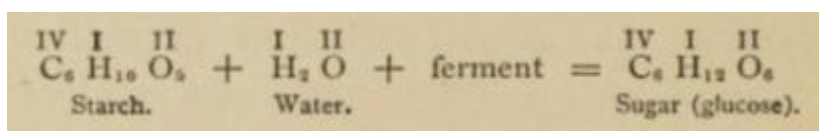
Entendemos que essa ausência de detalhamento científico é dependente das características e do contexto de sua produção. Por ser um livro direcionado para pessoas com baixo conhecimento científico, a cientista busca por problemas que a química pudesse solucionar, ou contribuir para a descoberta de uma solução, o que resultou no encontro de situações enfrentadas diariamente por mulheres.

A partir desse contexto percebemos que a autora segue a tendência de que os temas científicos não deveriam ser organizados em função de seus conteúdos disciplinares, mas sim em questões sociais. A autora acreditava haver “um espaço ainda não ocupado para uma obra elementar que dará aos leitores não científicos algumas informações práticas quanto à composição química de produtos de uso diário” (Richards, 1882, p. viii). Com essa perspectiva, Ellen buscou produzir um material que levasse a química aplicada para o dia a dia da sociedade, sem necessariamente se preocupar com a estrutura textual de textos científicos formais.

5.1.4.2 *The Chemistry of Cooking and Cleaning*

No capítulo, intitulado ‘Amido, açúcar e gordura como alimento’, Ellen usa o processo de fermentação do pão como contextualização na explicação do balanceamento de equações químicas, dando ênfase nos processos químicos e na composição de amidos e açúcares (Figura 12).

Figura 12 – Reação de Fermentação



Fonte: Richards, 1882, p. 20

Na figura apresentada, que traz uma das primeiras reações químicas utilizadas no livro para introduzir o balanceamento de equações, é possível observar a presença de números romanos posicionados acima dos elementos que compõem cada substância. Logo na introdução, Ellen recorre a esse recurso para indicar a quantidade de ligações que cada elemento pode estabelecer na formação de compostos, o que facilita a compreensão do leitor sobre a estrutura das substâncias e o comportamento dos elementos durante as reações.

Ao tratar do processo de fermentação, a autora explica que o açúcar é convertido em álcool e gás carbônico, destacando que o álcool evapora durante o cozimento, enquanto o gás carbônico é responsável por fazer a massa do pão crescer. Essa abordagem evidencia a preocupação de Ellen em contextualizar conceitos científicos a partir de exemplos do cotidiano, permitindo trabalhar, de forma integrada, noções como reações químicas, número de oxidação, ligações químicas e balanceamento de equações. Dessa forma, o livro revela um bom nível de detalhamento científico, articulando teoria e prática de maneira acessível ao público.

O ensino de ciências que verdadeiramente promove a compreensão do fenômeno exige não apenas a exposição de conceitos teóricos, mas a vinculação desses conceitos a experiências práticas e acessíveis ao estudante. Akpan e Kennedy (2020) destacam que, para que o conteúdo seja significativo, ele precisa ser situado em contextos que façam sentido para os aprendizes, o que requer a tradução de modelos abstratos para situações reais, tangíveis e relevantes no cotidiano do aluno. Nesse sentido, ao articular noções como reações químicas,

número de oxidação, ligações e balanceamento com exemplos domésticos ou práticas cotidianas, a obra de Richards configura-se como uma aplicação dessa mesma lógica, teoria e prática estão integradas de forma que façam sentido e sejam compreensíveis aos leitores que não são especialistas.

5.1.4.3 *Laboratory Notes*

Já no livro LN, vemos que Ellen segue a estrutura clássica de textos científicos, “Introdução, Método, Resultados, Discussão e Bibliografia” (Morais; Kolinsky, 2016, p. 150). Nesse material, o detalhamento científico é o que domina o texto. A autora busca enfatizar e explicar conceitos que vão desde a reatividade dos materiais ao seu armazenamento e aplicações, o que faz sentido por se tratar de um escrito destinado a alunos de um curso científico, contexto esse em que podemos inferir que possuíam conhecimento científico satisfatório para a compreensão desses detalhes conceituais.

Um exemplo significativo do detalhamento científico presente nos textos de Ellen Richards encontra-se no trecho em que a autora discute a análise química de amostras de farinha com o objetivo de determinar a concentração de nitrogênio por meio do método de Kjeldahl. Antes de descrever os procedimentos experimentais, Ellen apresenta os princípios químicos que fundamentam a técnica (Figura 13), ao explicar como ocorre a oxidação dos elementos presentes na amostra, a conversão do nitrogênio orgânico em sais de amônio e os mecanismos que permitem sua posterior quantificação. Ao iniciar pela explicação conceitual, Ellen evidencia sua preocupação em construir uma base teórica sólida para que os estudantes compreendam não apenas o “como”, mas também o “porquê” de cada etapa do método.

Figura 13 – Princípio científico do método Kjeldahl

Principle. — Oxidation of carbon and hydrogen, and conversion of organic nitrogen to ammonium sulphate by means of boiling sulphuric acid in presence of mercury, the latter acting as a carrier of oxygen, and being converted to mercuric sulphate. Precipitation of mercury by potassium sulphide to prevent the formation of mercur-ammonium compounds when the solution is made alkaline. Setting free of ammonia by neutralization of acid with sodium hydrate. Distillation of ammonia into a measured quantity of $\frac{N}{10}$ hydrochloric acid. Titration of excess of acid.

Fonte: Richards, 1896, p. 21

Percebemos que a autora detalha processos complexos, como a digestão da amostra com ácido sulfúrico concentrado, as reações de precipitação do mercúrio, além das etapas de destilação e titulação necessárias para determinar a quantidade de nitrogênio. Essa descrição revela a profundidade técnica do procedimento e a intenção pedagógica de Ellen em aproximar seus alunos do rigor experimental exigido na química sanitária. Ao trazer para o texto um nível elevado de especificidade, incluindo reagentes, condições de reação e justificativas para cada etapa, a autora ensina um protocolo e, também, promove uma compreensão abrangente da metodologia, contribuindo para a formação de profissionais capazes de aplicar técnicas reconhecidas internacionalmente com segurança e precisão.

Todavia, deixaremos a análise dos trechos desse livro para a última seção, a fim de poupar o leitor da repetição na leitura dos dados experimentais e da discussão proposta pela cientista.

5.1.4.4 *Air, Water and Food from a sanitary standpoint*

No *Air, Water and Food*, observa-se que o nível de detalhamento científico não se limita aos capítulos explicitamente dedicados a práticas experimentais. Ao contrário, Richards e Woodman adotam uma abordagem consistentemente técnica ao longo de toda a obra, inserindo conceitos físico-químicos, cálculos, unidades de medida e dados numéricos mesmo nas seções mais descritivas.

O primeiro exemplo surge na análise da qualidade do ar e das pressões parciais dos gases, quando os autores recorrem a dados quantitativos para explicar a sensação de desconforto gerada pelo aumento de CO₂. Eles afirmam:

Sente-se um esforço considerável na respiração e geralmente há uma sensação de desconforto quando o dióxido de carbono se acumula a dez vezes a quantidade normal, ou 40 partes por 10.000 em vez de 4. Isso provavelmente se deve à sua solubilidade e à sua interferência nas trocas respiratórias, já que a troca de gases é influenciada por suas "pressões parciais" (Richards; Woodman, 1909, p. 12-13).

O uso explícito de valores numéricos, razões, unidades e terminologia técnica demonstra a intenção dos autores de incorporar conceitos fundamentais da química, como concentração e pressão parcial, diretamente na explicação dos fenômenos fisiológicos. Conforme argumenta Lemke (1990), essa articulação entre linguagem matemática e linguagem conceitual caracteriza a textualidade científica, que se expressa pela fusão de registros discursivos diferentes em uma explicação coerente.

O detalhamento é reforçado pela inserção de gráficos e tabelas, como o recorte de pressão parcial apresentado na Figura 14. O uso de representações visuais numéricas reforça o caráter analítico do material.

Figura 14 – Pressão Parcial (O₂ e CO₂).

mixture. For example, if atmospheric air, containing 20.81 per cent. of oxygen, is at 760 millimeters barometric pressure, the partial pressure of the oxygen would be $\frac{20.81}{100} \times 760 = 158.15$ millimeters. The following partial pressures of oxygen and carbon dioxide in inspired air and in the lung-cells show the extent of variation in different parts of the respiratory tract:

	Inspired Air.	Lung-cells.
Oxygen	158.15 mm.	122 mm.
Carbon dioxide....	0.30 mm.	38 mm.

Fonte: Richards; Woodman, 1909, p. 13.

A mesma estratégia aparece na discussão sobre vapor d'água na atmosfera, quando os autores comparam a capacidade higroscópica do ar em diferentes temperaturas: “Seja sobre terra ou água, em regiões cultivadas ou florestais, o ar a 0°C contém apenas 4,87 gramas de água por metro cúbico, enquanto o ar a 15°C pode reter até 12,76 gramas e a 32°C, 33,92 gramas” (Richards; Woodman, 1909, p. 14). Esses números cumprem função retórica e epistemológica. Ao quantificar a umidade, os autores demonstram que o desconforto térmico e os efeitos fisiológicos estão fundamentados em relações mensuráveis, aproximando sua abordagem da engenharia sanitária.

Na seção dedicada à composição e análise dos alimentos, o nível de detalhamento se intensifica ainda mais. Em contraste com os materiais produzidos por Ellen para o público doméstico, nos quais conceitos como nutrientes, digestão e valor calórico são apresentados de maneira geral, no AWF a explicação se estrutura em categorias químicas (carboidratos, substâncias nitrogenadas, teor energético por grama), acompanhadas de tabelas precisas, como ilustrado na Figura 15.

Figura 15 – Composição de Alimentos (Recorte)

COMPOSITION OF SOME COMMON FOOD-MATERIALS AS PURCHASED.

I. FUEL VALUE 3000-4000 CALORIES* PER POUND.

Food-material.	Refuse.	Water.	Nitrogenous Substances.	Fat.	Carbohydrates.
	Per cent.	Per cent.	Per cent.	Per cent.	Per cent.
Butter.....		11.0	1.0	85.0
Lard (refined).....				100.00
Oleomargarine.....		9.5	1.2	83.0
Salt fat pork.....		0.3 to 12.2	0.2 to 5.0	80.3 to 94.1
Suet.....		4.3 to 21.9	1.1 to 7.5	70.7 to 94.5
Walnuts (shelled).....		2.5	16.6	63.4	16.1

II. FUEL VALUE 2000-3000 CALORIES PER POUND.

Bacon.....	8.7	18.4	9.5	59.4
Cheese (American pale).....		31.6	28.8	35.9	0.3
Chocolate.....		1.5 to 10.1	22.5 to 13.4	47.1 to 50.2	26.8 to 33.8
Doughnuts.....		11.0 to 25.8	5.1 to 7.6	16.4 to 25.7	45.8 to 63.2
Mutton blank (fat).....		28.9	10.7	59.8
Peanut butter.....		2.1	29.3	46.5	27.1
Sausage (farmer).....	3.9	22.2	27.9	40.4

Fonte: Richards; Woodman, 1909, p. 150

Essa diferença confirma a tese de Swales (1990) sobre os propósitos comunicativos dos gêneros, Ellen ajusta o nível de tecnicidade conforme a comunidade com a qual deseja se comunicar. Para o público especializado, como estudantes do MIT, o detalhamento químico é necessário, ele marca a competência técnica requerida para integrar aquela comunidade.

Um ponto particularmente interessante no que diz respeito ao detalhamento científico é a forma como os autores reconhecem os limites de seu conhecimento:

Visto que, **de alguma forma ainda desconhecida para nós**, o nitrogênio é essencial para a matéria viva, as substâncias que contêm esse elemento em uma forma disponível são de suma importância [...] Contudo, pouco se sabe com precisão científica, o que faz com que os estudantes encontrem um campo fértil de pesquisa nessas linhas de investigação (Richards; Woodman, 1909, p. 144, grifo nosso).

Aqui, Ellen e Woodman adotam um reconhecimento consciente das lacunas do conhecimento científico, que funciona pedagogicamente como convite à investigação. Essa estratégia é especialmente relevante em um texto formativo, ao expor incertezas, os autores reforçam a natureza dinâmica da ciência, estimulando o estudante a participar da construção do conhecimento, e não somente a reproduzir conteúdos estabelecidos (Bazerman, 1988).

Quadro 5 - Síntese da Categoria de Análise: Nível de Detalhamento Científico

Obra Analisada	Nível de Detalhamento Científico	Estratégias Retóricas	Finalidade da Estratégia
<i>Sanitation in Daily Life</i> (1907)	Baixo detalhamento conceitual	Uso pontual de dados científicos; explicações simplificadas	Tornar a ciência acessível ao público leigo e priorizar aplicações práticas no cotidiano
<i>The Chemistry of Cooking and Cleaning</i> (1882)	Detalhamento moderado e contextualizado	Explicação de conceitos químicos (reações, ligações, balanceamento); uso de exemplos cotidianos (fermentação); Integração entre teoria e prática	Articular conceitos científicos com experiências do cotidiano
<i>Laboratory Notes</i> (1896)	Alto nível de detalhamento técnico	Descrição de métodos experimentais; linguagem científica formal; explicação de fundamentos teóricos; uso de protocolos laboratoriais	Formar estudantes com domínio conceitual e experimental
<i>Air, Water and Food</i> (1909)	Alto nível de detalhamento técnico e quantitativo	Uso de dados numéricos, tabelas, gráficos e unidades; conceitos físico-químicos (pressão parcial, concentração);	Consolidar a formação científica e inserir o leitor na cultura analítica e quantitativa da química sanitária

Fonte: Elaborado pela autora (2026)

5.1.5 Complexidade Experimental

No contexto do século XIX nos Estados Unidos, a educação científica para mulheres experimentou um crescimento significativo, marcado pela criação de muitas escolas femininas, livros especializados e acesso a equipamentos de laboratório. No entanto, uma análise mais aprofundada revela diferenças marcantes na complexidade dos experimentos propostos para homens e mulheres, embora muitas instituições femininas buscassem elaborar um currículo semelhante dos implementados nos colégios masculinos (Warner, 1978).

As escolas masculinas, beneficiadas por maiores recursos financeiros e um currículo voltado para a formação profissional, adotavam experimentos que exigiam manipulação precisa de instrumentos, como máquinas a vapor, telescópios com medições astronômicas detalhadas e reações químicas quantificáveis. Já o ensino científico para mulheres, embora

muitas vezes ricos em conteúdo, limitavam-se a experimentos que pudessem ser realizados em ambientes domésticos ou com equipamentos menos sofisticados (Guralnick, 1975).

Alguns *colleges* femininos investiam em materiais para experimentos, como vidrarias e reagentes, além do investimento direcionado à construção de prédios e laboratórios específicos para o ensino de ciências. Porém, nenhuma das escolas femininas dispunha de um capital financeiro compatível com as escolas masculinas e seus gastos com material experimental dificilmente poderia ser tão extravagante quanto (Warner, 1978).

Essa distinção não se devia apenas a uma diferença de recursos, mas também a uma visão cultural que enquadrava a ciência feminina como um meio de cultivo intelectual e apreciação da natureza, em contraste com a ciência masculina, vista como uma ferramenta para progresso técnico e profissional.

Ellen acreditava que a educação científica para mulheres deveria ser experimental e investigativa:

Devemos despertar em nossas meninas o espírito da investigação, assim como ele é frequentemente despertado em nossos meninos, mas sempre, creio eu, apesar da formação escolar. Devemos mostrar às meninas que estudam ciências em nossas escolas que a ciência tem uma relação muito próxima com a nossa vida cotidiana. Devemos treiná-las, por meio dela, para que julguem por si mesmas, e não para que façam tudo como suas avós faziam. (Hunt, 1912, p. 99).

Essa categorização permite analisar como a complexidade experimental nos livros didáticos refletia e reforçava hierarquias de gênero na ciência do período. A simplificação de procedimentos em materiais destinados a mulheres limitava seu acesso a conhecimentos mais profundos, bem como perpetuava a ideia de que sua participação na ciência deveria ser passiva.

5.1.5.1 *Sanitation in daily life*

Em seu texto *Sanitation in daily life* (1907), Ellen propõe alguns experimentos, os quais ela denomina Experimentos Ilustrativos, um deles específico para determinar a qualidade do ar no ambiente doméstico.

O teste proposto visa analisar as correntes de ar ao observar o desvio da chama de uma vela e se trata de uma opção simples e barata de avaliar a qualidade do ar em um ambiente fechado, como uma casa ou um apartamento. Inicialmente, a autora propõe a construção de uma estrutura para o teste.

Encontre uma caixa na mercearia com cerca de 16 x 18 x 6²⁶ polegadas. Encaixe duas vidraças, uma na frente e outra atrás caixa, onde o painel frontal deslize para cima e para baixo com bastante facilidade. Não precisa ser hermético, nenhum espaço o é. Em seguida, faça furos nos dois lados com uma broca de 1/2 polegada e use rolhas para tapar os furos. (...) A ideia é garantir um espaço fechado de no máximo um metro cúbico no qual, sem muito tempo, a turma possa ver as velas se apagarem e observar a fumaça indicando as correntes (Richards, 1907, p. 37).

A análise dos resultados propostos por Ellen se baseou no desvio da chama. Caso a chama não sofresse desvio a corrente seria de cerca de 0,3 m/s e o ambiente não estaria ventilado o suficiente. Caso a corrente fosse entre 0,45 m/s e 0,6 m/s, a chama deveria sofrer um desvio de 30°. Correntes de 1,2 m/s gerariam um desvio de 45° e uma corrente de 1,8 m/s geraria um desvio de 60°.

Segundo a educadora, esse teste deveria ser feito e repetido em diferentes locais da casa e em diversos horários do dia, de modo que a análise da corrente do ar fosse satisfatória. Dessa forma, a dona de casa seria capaz de entender como funciona a ventilação de seu lar e, assim, conseguiria dispor melhor seus móveis para que no seu cotidiano respirasse o ar mais fresco possível (Richards, 1907).

Embora seja um teste rápido, barato e fácil de ser desenvolvido, o método de análise não é quantitativo e dificilmente pode ser considerado confiável. Para garantir sua funcionalidade é preciso supor que todas as pessoas, em especial mulheres com baixo treinamento científico, teriam conhecimento suficientemente satisfatório de ângulos para que assim conseguissem entender o desvio da vela e assim, compreender a corrente do ar. Todavia, para uma análise qualitativa destinada ao melhor cuidado com o lar e com a saúde de seus moradores, o teste servia a seus propósitos.

5.1.5.2 *Laboratory Notes*

Já no livro destinado a seus alunos no MIT, *Laboratory Notes* (1886), Ellen propõe um experimento utilizando hidróxido de bário e ácido clorídrico, para análise do ar. O roteiro da prática segue uma estrutura clássica, em que a cientista apresenta os reagentes a serem usados, bem como as vidrarias com as quais os alunos precisarão trabalhar (Figura 16).

²⁶ Para melhor entendimento dos leitores faremos a conversão para centímetros. A caixa deveria ter cerca de 40,6 cm x 45,7 cm x 15,2 cm.

Figura 16 – Descrição Experimental

APPARATUS REQUIRED.

4 or 8 liter bottles graduated, with stoppers and caps; bellows and tube; 50 cc. bottles; pipettes; burettes; barometer and thermometer; hygrometer.

CHEMICALS REQUIRED.

Barium hydrate 1 cc. = 1 milligram CO_2 , approximately; sulphuric acid 1 cc. = 1 milligram CO_2 exactly; rosolic acid or phenolphthalein.

Fonte: RICHARDS, 1886, p. 26

Abaixo segue a descrição experimental adotada por Ellen:

Garrafas previamente limpas e secas devem ser preenchidas com o ar a ser testado por meio de um fole (...) quinze a vinte golpes serão suficientes para encher uma garrafa de 4 litros. Na coleta da amostra, deve-se evitar correntes de ar ou proximidade de pessoas. Será possível obter amostras duplicadas somente em salas vazias ou quase vazias. Até dois lados da sala podem apresentar diferenças. As amostras devem ser levadas ao laboratório e deixadas em repouso por cerca de meia hora, até atingirem a temperatura da sala. Em seguida, a bureta deve ser ambientada com hidróxido de bário. A garrafa (com o ar coletado) é agora colocada de lado e rolada ou agitada em intervalos durante quarenta e cinco minutos; o tempo e a agitação são essenciais para a absorção completa. No momento que a solução de hidróxido de bário é adicionada à garrafa, devem ser anotadas a temperatura e pressão barométrica. Ao final, o frasco é bem agitado, para garantir a homogeneidade da solução. A tampa é retirada da bureta e a garrafa é invertida, de modo que a solução entre em contato com o ar o mínimo possível. (...) A titulação deve ser feita o mais rápido possível. (...) A diferença entre o número de mililitros de ácido padrão necessários para neutralizar 50 cc. de hidróxido de bário antes e depois da absorção fornece o número de miligramas de ácido carbônico seco na amostra testada (Richards, 1886, p. 27).

Percebemos que o nível de detalhamento experimental e a complexidade do teste proposto, é expressivamente mais elevado do que o sugerido no material analisado anteriormente. Os alunos para os quais esse texto é direcionado possuíam conhecimento científico suficiente para entender esse direcionamento experimental, o que certamente fez com que Ellen buscasse trabalhar conceitos científicos definidos, bem como propusesse um teste quantitativo ao invés de um qualitativo, como o anterior. Além disso, o equipamento e os reagentes necessários para esse teste não seriam facilmente encontrados por donas de casa.

Outra diferença notável está no que diz respeito à análise do teste proposto. Enquanto no livro SDL a análise é subjetiva e depende exclusivamente do observador, no livro LN, a

autora propõe um método de análise matemático (Figura 17), em que o volume de CO₂ presente na amostra de ar pode ser calculado a partir do volume de solução de hidróxido de bário utilizado e do fator de conversão entre o volume de CO₂ e o volume de solução de hidróxido de bário.

Figura 17 – Método de Análise

CALCULATION OF RESULTS.

Method 1. — 8.570 liters of air contained 10.8 mgs. of dry CO₂; 1 cc. CO₂ saturated with moisture at 21° and 766^{mm.} weighs 1.79624 mgs. (*Fres.*, § 139) ∴ 10.8 mgs. = $\frac{10.8}{1.79624} = 6.013$ cc. CO₂ saturated with moisture. In 10,000 cc. ∴ $\frac{6.013}{8570} = 7.02$ parts CO₂ per 10,000.

Fonte: Richards, 1886, p. 27.

No método de análise de alimentos, especificamente para a determinação do teor de nitrogênio em amostras de farinha, o livro apresenta o método de Kjeldahl, descrevendo o procedimento de forma muito detalhada, com indicação precisa dos reagentes, suas concentrações e as vidrarias necessárias para a execução do experimento. Inicialmente, a amostra orgânica, que contém carbono, hidrogênio e nitrogênio, é tratada com ácido sulfúrico concentrado (H₂SO₄) na presença de mercúrio metálico, que facilita a oxidação completa do carbono e do hidrogênio. Durante esse processo de digestão, o nitrogênio orgânico presente na amostra é convertido em sulfato de amônio (NH₄)₂SO₄. Em seguida, o mercúrio utilizado na etapa anterior é precipitado com sulfeto de potássio (K₂S), evitando a formação de compostos instáveis de mercúrio-amônio que poderiam comprometer a análise.

A solução resultante é então tornada alcalina pela adição de hidróxido de sódio (NaOH), o que promove a liberação da amônia (NH₃). Essa amônia é cuidadosamente destilada para uma solução contendo uma quantidade conhecida de ácido clorídrico (HCl), onde é absorvida. Por fim, o excesso de ácido presente na solução receptora é titulado com hidróxido de sódio (NaOH), e, a partir da diferença entre a quantidade inicial e a quantidade neutralizada, é possível calcular com precisão o teor de nitrogênio presente na amostra.

O procedimento envolve etapas sucessivas, como a digestão com ácido sulfúrico, a oxidação mediada por mercúrio, a precipitação com sulfeto de potássio, a liberação de amônia por neutralização com hidróxido de sódio, a destilação e a titulação, que requerem controle

rigoroso de variáveis, domínio de conceitos químicos e habilidade para lidar com substâncias perigosas.

A aplicação desse método em sala de aula se justificava pelo perfil dos estudantes do MIT, homens em sua maioria, que se preparavam para atuar como profissionais e pesquisadores no campo da química sanitária. Ellen buscava, assim, integrar seus alunos à ciência que se consolidava internacionalmente, familiarizando-os com técnicas reconhecidas e de alta precisão, como o método de Kjeldahl, amplamente aceito na Europa e nos Estados Unidos.

Entretanto, essa mesma complexidade científica explica por que Ellen Richards não propunha o uso desse experimento em seus livros destinados às mulheres donas de casa, ainda que a farinha, um dos exemplos centrais do método, fosse um alimento amplamente presente no ambiente doméstico. No contexto do século XIX, o ensino destinado às mulheres era estruturado de forma distinta, marcado por expectativas sociais que limitavam sua participação no espaço científico formal. As instruções oferecidas às donas de casa tinham caráter prático, aplicado e seguro, privilegiando orientações que pudessem ser executadas sem laboratórios, sem equipamentos sofisticados e sem exposição a reagentes perigosos (Rossiter, 1982). Ao adaptar os conteúdos, Ellen demonstrava reconhecer as barreiras de acesso impostas às mulheres, ao mesmo tempo que buscava capacitá-las dentro do espaço que lhes era socialmente permitido, oferecendo informações úteis para a gestão doméstica e para a melhoria da qualidade dos alimentos consumidos pela família.

5.1.5.3 *Air, Water and Food from a sanitary standpoint*

As práticas de análise do ar para determinação da presença de dióxido de carbono são semelhantes às apresentadas no LN e, portanto, não serão repetidas. Optaremos, portanto, pelos experimentos propostos para quantificar o monóxido de carbono presente em um ambiente.

O primeiro experimento recomendado pelos autores possui baixa complexidade experimental e, em tese, poderia ser reproduzido até mesmo em um ambiente doméstico. Trata-se do uso de sangue diluído para detectar pequenas quantidades de CO:

Provavelmente, o teste mais conveniente para detectar [CO em] pequenas quantidades é o teste de sangue. Dilua uma gota grande de sangue humano, recém-coletado por punção digital, até atingir 100 ml com água. Divida a solução em duas porções iguais e agite uma das porções suavemente por dez

minutos em um frasco contendo cerca de 100 ml da amostra [de ar] a ser testada (Richards; Woodman, 1909, p. 52).

A análise pedagógica desse experimento evidencia uma estratégia dupla, de um lado, demonstra-se um princípio químico fundamental, a formação de carboxi-hemoglobina pela interação entre o CO e a hemoglobina, e de outro, propõe-se um procedimento que não exige equipamentos caros nem técnicas refinadas de volumetria ou manipulação instrumental. A detecção baseia-se apenas na comparação visual entre a solução controle e a solução exposta ao gás, cuja coloração mais rosada indicaria a presença de CO.

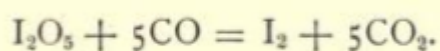
Nesse sentido, trata-se de uma prática que se alinha àquilo que diversos *colleges* femininos adotaram à época, experimentos simples, visuais, de fácil execução e reduzido custo. Ainda assim, os autores deixam claro que o método pode se tornar mais preciso com o uso de um espectroscópio, movimento que simultaneamente abre a possibilidade de uma investigação mais sofisticada, mas que exige conhecimento técnico e acesso a um instrumento disponível principalmente em laboratórios masculinos e profissionalizantes.

Ao mesmo tempo em que o experimento “simples” torna o fenômeno acessível, sua ampliação via espectroscopia situa o estudante em um cenário de formação científica avançada, rumo à profissionalização. Essa estratégia funciona como um mecanismo de seleção e distinção, repercutindo o que Guralnick (1975) descreve como a fronteira entre a ciência formativa destinada às mulheres e a ciência instrumental destinada ao trabalho profissional técnico.

A diferença torna-se ainda mais evidente no segundo experimento proposto para mensurar o CO ambiental, o qual depende de uma cadeia instrumental complexa e de uma sequência de operações químicas precisas. Os autores descrevem o procedimento como: “a oxidação do monóxido de carbono a dióxido de carbono pelo pentóxido de iodo” (Richards; Woodman, 1909, p. 53).

Os autores apresentam o teste no mesmo modelo anteriormente visto no LN, com a descrição dos materiais a serem usados, metodologia e discussão, envolvendo o uso de reações químicas para a explicação do processo (Figura 18).

Figura 18 – Oxidação do CO



Fonte: Richards; Woodman, 1909, p. 53

O pentóxido de iodo é adicionado a um tubo em U, aquecido em banho de óleo a 150 °C, o ar analisado é bombeado para o tubo e antes passa por uma solução de H₂SO₄, para remover compostos voláteis e a umidade, e em seguida é tratado com KOH, para remoção do CO₂, como descrito no método de análise do tópico anterior.

Em seguida, o ar passa lentamente pelo tubo em U, para que todo CO reaja com I₂O₅. O iodo liberado reage com uma solução de iodeto de potássio, para formar I³⁻ que é estável, o qual em seguida é titulado com tiosulfato de sódio (Na₂S₂O₃). A quantidade de iodo formada é usada para calcular estequiometricamente a quantidade de CO inicialmente presente na amostra (Richards; Woodman, 1909).

Todas essas etapas pressupõem o acesso a equipamentos laboratoriais de custo elevado, e também uma cultura experimental consolidada que envolve práticas de segurança, padronização e controle de erros, práticas tipicamente presentes nos cursos masculinos de química industrial e engenharia sanitária do período.

No que diz respeito à análise da farinha, o método proposto no AWF é o mesmo encontrado no LN, o método Kjeldahl, o que dispensa sua repetição e análise nesse tópico. Assim, a complexidade experimental descrita no AWF reflete as desigualdades institucionais do período, ao pressupor um público com acesso material e cultural a práticas laboratoriais que eram, em sua maioria, restritas aos homens. Nesse sentido, a obra de Ellen e Woodman expõe, de forma exemplar, como currículos científicos funcionam como artefatos sociais que distribuem, regulam e legitimam diferentes formas de participação na ciência.

Quadro 6 - Síntese da Categoria de Análise: Complexidade Experimental

Obra Analisada	Nível de Complexidade Experimental	Estratégias Retóricas	Finalidade da Estratégia
<i>Sanitation in Daily Life</i> (1907)	Baixa complexidade experimental	Experimentos simples, qualitativos e de baixo custo; uso de materiais cotidianos; análise baseada em observação visual	Tornar a experimentação acessível ao ambiente doméstico e promover a aplicação prática da ciência no cotidiano
<i>Laboratory Notes</i> (1896)	Alta complexidade experimental	Uso de vidrarias e reagentes específicos; procedimentos padronizados; análise quantitativa	Formar estudantes com domínio técnico e experimental

<i>Air, Water and Food</i> (1909)	Complexidade experimental variável	Experimentos qualitativos e quantitativos; Múltiplas etapas experimentais.	Atender diferentes níveis de formação
-----------------------------------	------------------------------------	--	---------------------------------------

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

6 ANÁLISE DE ÁGUA: UMA CONTRIBUIÇÃO ESSENCIAL PARA O DESENVOLVIMENTO DA HUMANIDADE

A trajetória histórica da análise de água revela a íntima relação entre ciência, saúde pública e desenvolvimento urbano. Desde as primeiras formações de comunidades humanas, o acesso à água potável foi determinante para a sobrevivência, a organização comunitária e a prevenção de doenças, ainda que, durante séculos, a avaliação da qualidade hídrica se baseasse em percepções sensoriais e em interpretações simbólicas ou religiosas. Apenas com o avanço das ciências naturais, especialmente a química e a microbiologia, consolidou-se uma abordagem sistemática capaz de identificar contaminantes, estabelecer parâmetros de potabilidade e orientar políticas de saneamento (Singh; et al, 2020). Este capítulo aborda esse percurso, enfatizando as transformações conceituais e técnicas que permitiram à análise de água tornar-se um campo consolidado, fundamental para a engenharia sanitária e para a promoção da saúde coletiva, e em seguida relaciona-o com as técnicas de análise de água ensinadas por Ellen Richards.

6.1 HISTÓRIA DA ANÁLISE DE ÁGUA

A preocupação com a obtenção e o consumo de água limpa acompanha a trajetória humana desde as primeiras civilizações, embora esse interesse tenha assumido uma dimensão mais urgente a partir do século XIX, quando os impactos ambientais decorrentes da Revolução Industrial passaram a se manifestar de forma intensa nos centros urbanos. Nesse período, a rápida expansão das atividades fabris, aliada à quase inexistente regulamentação ambiental, intensificou problemas sanitários relacionados ao uso e à contaminação da água (Singh et al., 2020). Ainda assim, as práticas de tratamento de água antecedem em milênios a modernidade industrial e aparecem documentadas em diferentes contextos culturais da Antiguidade.

Entre os povos da civilização Minoica, estabelecida na ilha de Creta entre aproximadamente 3000 e 2000 a.C., encontram-se alguns dos registros mais antigos de

tecnologias voltadas à purificação de água. Nesse período eram empregados filtros de terracota destinados à remoção de sólidos, além de sistemas de filtração por areia em cisternas coletoras de água da chuva. Evidências adicionais apontam para a utilização de carvão vegetal em aquedutos feitos do mesmo material, sugerindo um conhecimento empírico das propriedades adsorventes desse composto (Angelakis; Rose, 2014).

Na civilização Maia, que remonta a aproximadamente 2500 a.C., investigações arqueológicas revelaram o uso de zeólitos, minerais ricos em aluminossilicatos, em mecanismos sofisticados de purificação. Estudos indicam que os filtros utilizados eram construídos dentro de paredes de pedra contendo camadas de zeólitos e cristais de quartzo, complementados por fibras de palma dispostas em *petates*²⁷, posicionadas imediatamente antes do sistema de filtração dos reservatórios (Tankersley *et al.*, 2020).

Entre os povos do Vale do Indo, também conhecidos como civilização Harappiana (2800–1300 a.C.), as práticas de obtenção de água potável foram transmitidas por tradição oral e posteriormente integradas a sistemas médicos aiurvédicos. As técnicas documentadas incluem o armazenamento da água em recipientes de cobre, a exposição à luz solar, o uso de carvão para filtração, a fervura e a adição de alume para promover a coagulação e subsequente precipitação de contaminantes, este último procedimento, porém, tem origem registrada em práticas egípcias (Smith, 2017).

No Egito antigo, encontram-se registros de dispositivos destinados à purificação por sedimentação, nos quais a água permanecia armazenada em recipientes de cobre. Após o assentamento das impurezas no fundo, a água mais clara era sifonada por meio de um sistema com rodas. Essa mesma tecnologia também foi aplicada à clarificação de vinhos e outros líquidos entre 1500 e 1300 a.C. Além da sedimentação, sabe-se que os egípcios já recorriam ao uso de sulfato de alumínio e potássio como agente coagulante, acelerando a formação de flocos e a deposição de partículas suspensas (Baker; Taras, 1949).

Os romanos, amplamente reconhecidos pela construção de extensos sistemas de aquedutos ao longo de seu vasto império, também desenvolveram métodos eficientes para melhorar a qualidade da água destinada ao consumo. Um dos recursos utilizados consistia em sifões e tanques de decantação estrategicamente distribuídos ao longo do percurso, permitindo a deposição de sedimentos antes que a água chegasse às áreas residenciais (Hodge, 1983).

²⁷ Um tecido de fibras vegetais usado na confecção de tapetes e sacos de dormir (Gómez González, *et al.* 2019).

Esses sistemas demonstram a complexidade da engenharia romana aplicada ao abastecimento urbano.

Essas práticas evidenciam que, muito antes do desenvolvimento da química moderna e de técnicas laboratoriais padronizadas, diferentes sociedades elaboraram soluções originais para enfrentar o desafio de obter água própria para consumo, articulando conhecimentos empíricos, observação ambiental e tecnologias disponíveis em cada época.

No século XVII, observa-se um avanço importante nas reflexões sobre purificação de água por meio das contribuições de Francis Bacon (1561–1626). O autor descreve um procedimento de dessalinização no qual a água do mar deveria atravessar sucessivas camadas de areia. Bacon argumenta que a terra contém quantidades apreciáveis de “sal nitroso”, ao passo que a areia, por ser relativamente mais isenta desse tipo de sal, apresentaria maior eficiência na retenção das impurezas. O autor também menciona a clarificação da água por percolação, sugerindo que a disposição de pequenas pedras ao longo do percurso de uma correnteza seria capaz de promover filtragem natural durante o escoamento (Bacon, 1669).

Com a Primeira Revolução Industrial e a crescente deterioração dos recursos hídricos nos centros urbanos europeus, as iniciativas de tratamento de água passaram por mudanças substanciais. Um marco frequentemente destacado ocorreu na cidade de Paisley, na Escócia, considerada uma das primeiras localidades a contar com uma planta de filtração capaz de atender praticamente toda a população. O sistema desenvolvido por John Gibb (1776–1850) realizava a remoção de contaminantes industriais, como compostos de cobre, alumínio, sulfatos e carbonatos, por meio de um processo que combinava a eliminação de resíduos grosseiros, etapas de sedimentação e uma filtração dupla. Um elemento crucial desse sistema era o bombeamento de água acionado por um motor a vapor, o que evidencia a integração crescente entre engenharia mecânica e saneamento (Baker; Taras, 1949).

Nos Estados Unidos, os esforços no sentido de institucionalizar práticas de tratamento e análise de água ganharam força com o trabalho de William Ripley Nichols, professor do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) e o primeiro a orientar Ellen Richards no instituto. Embora sua atuação seja frequentemente lembrada pelo impacto que exerceu no campo da química sanitária, suas contribuições abrangeram um escopo bastante amplo, como estudos sobre a composição e a solubilidade de oxalatos, investigações sobre os efeitos da água de lagos em tubulações de chumbo, análises comparativas de águas de rios e lagos na América e na Europa, pesquisas sobre esgoto e poluição hídrica, além de experimentos detalhados sobre processos de filtração, especialmente com o uso de areia (Nichols, 1886).

6.2 OS MÉTODOS DE ELLEN RICHARDS NAS ANÁLISES DE ÁGUA

O crescimento acelerado das civilizações modernas, impulsionado pelos avanços tecnológicos e pela consolidação dos grandes centros urbanos, trouxe consigo uma série de impactos ambientais até então inéditos em escala e intensidade. As cidades, estruturadas para realidades demográficas muito menores, mostraram-se incapazes de absorver esse fluxo populacional sem colapsar em termos sanitários. A ausência de sistemas de esgotamento, o acúmulo de lixo, agora produzido em volume crescente, e o despejo direto de resíduos domésticos e industriais transformaram rapidamente as fontes de água doce em vetores de doença e degradação ambiental (Clarke, 1973).

A industrialização intensificou esse quadro. Setores como o têxtil e o metalúrgico empregavam grandes quantidades de água em diferentes etapas de produção, devolvendo-a aos rios e lagos carregada de corantes sintéticos, metais pesados e outros contaminantes químicos. Sem qualquer tipo de tratamento, esses efluentes deterioravam a biodiversidade aquática e comprometiam o abastecimento de populações inteiras que dependiam dessas fontes hídricas para consumo, higiene e atividades cotidianas. Assim, a água, que durante séculos fora considerada um recurso renovável e abundantemente disponível, passou progressivamente a ser percebida como um elemento vulnerável e ameaçado (Melosi, 2008).

É nesse cenário de transformação urbana e, conseqüentemente, de crise sanitária que o trabalho de Ellen Richards ganha ainda mais relevância histórica. Reconhecida como a primeira analista química a realizar estudos sistemáticos sobre a qualidade da água nos Estados Unidos, Ellen foi pioneira na aplicação de métodos quantitativos à avaliação de potabilidade, e também na formulação de estratégias de educação pública que buscavam conscientizar a população sobre as relações entre saúde, saneamento e meio ambiente. Sua atuação combinou rigor científico e intervenção social, posicionando-a como uma figura central na emergência da química sanitária estadunidense e na consolidação das técnicas que orientariam as práticas de controle de qualidade da água no final do século XIX, no continente americano (Sutherland, 2017; Clarke, 1973; Hunt, 1912).

Em um contexto em que o acesso feminino à educação formal era limitado, as iniciativas educacionais coordenadas por Ellen abriram novas possibilidades de instrução científica básica. Seu trabalho permitiu que mulheres adquirissem noções sobre saneamento, nutrição e economia doméstica, conhecimentos que, além de fundamentais para a melhoria da

qualidade de vida, representaram avanços significativos na luta pelos direitos das mulheres na ciência. A educação científica feminina, tal como concebida por Ellen, ultrapassava a simples capacitação técnica, ela era entendida como instrumento de emancipação intelectual e social.

A produção intelectual de Ellen Richards foi vasta, refletindo sua contínua dedicação ao estudo e à difusão do conhecimento científico. Entre suas obras, *Air, Water, and Food from a sanitary standpoint* ocupa lugar de destaque. Nesse livro, analisado no capítulo anterior, Ellen apresenta uma síntese cientificamente rigorosa sobre os efeitos da qualidade do ar, da potabilidade da água e dos hábitos alimentares na saúde humana. Ao longo da obra, Ellen alerta para a relação entre poluição, doenças e degradação ambiental, buscando conscientizar seus estudantes sobre riscos que, até então, não eram amplamente compreendidos.

Nos capítulos V e VI, dedicados especificamente à água, Ellen organiza sua discussão a partir da classificação das fontes hídricas em três grandes categorias: (1) cisternas, riachos, lagoas e rios, que ela denomina águas superficiais; (2) nascentes e poços profundos e (3) poços rasos e efluentes de esgoto. Essa divisão tem como objetivo facilitar a explicação das técnicas de tratamento aplicáveis a cada tipo de fonte, uma vez que os contaminantes variam significativamente entre elas. Ellen descreve com cuidado as características químicas e sanitárias que diferenciam essas águas, os poluentes mais prováveis em cada caso e os fatores ambientais que contribuem para sua contaminação. Destaca, ainda, que a aparência cristalina da água não garante sua segurança, pois substâncias dissolvidas tanto orgânicas quanto inorgânicas podem estar presentes sem alterar sua turbidez. Assim, a potabilidade não deve ser inferida apenas pela observação visual, mas por análise química criteriosa (Richards; Woodman, 1909).

Figura 19 – Ellen Richards coletando água para análise (1872)



Fonte: Courtesy MIT Museum²⁸

O capítulo VII aprofunda essa questão, oferecendo uma introdução às práticas laboratoriais fundamentais para a análise química da água. Ellen destaca a necessidade de extremo cuidado no manuseio das amostras, uma vez que os compostos de interesse sanitário costumam ocorrer em concentrações extremamente baixas. Pequenas negligências como recipientes mal higienizados ou coleta inadequada, podem produzir contaminações que distorcem completamente os resultados. Diante disso, ela orienta de forma detalhada como deve ocorrer a coleta, o armazenamento e o transporte das amostras, oferecendo instruções que permitem até mesmo a indivíduos sem formação técnica garantir a integridade mínima necessária para análises posteriores.

Após assegurar que todos os cuidados indicados para a coleta de amostras fossem rigorosamente observados, o passo seguinte consistia em proceder à análise química e biológica da água. O objetivo central desse trabalho analítico era determinar se uma fonte hídrica era adequada ou não para o consumo humano. Nesse sentido, Ellen descreveu minuciosamente os diferentes testes necessários para identificar as espécies químicas relevantes para a avaliação sanitária, considerando inclusive os contextos ambientais que poderiam explicar sua presença. Assim, a detecção de ferro ou de chumbo, por exemplo, poderia indicar contato da água com áreas de mineração, o que a tornaria imprópria para o consumo. Já a presença elevada de amônia em sua forma albuminóide, isto é, quimicamente associada a compostos orgânicos em decomposição, sugeria contaminação por matéria

²⁸ Disponível em: <https://digital-exhibits.libraries.mit.edu/s/under-the-lens/item/3650> Acesso em 30 de nov. de 2025 às 11h10.

orgânica em decomposição, ambiente altamente favorável ao desenvolvimento de bactérias patogênicas (Richards; Woodman, 1909; Alaburda; Nishihara, 1998).

Ao realizar análises completas em amostras provenientes de diversas regiões urbanas, tornava-se possível garantir que a população recebesse água dentro dos padrões aceitáveis de qualidade. Além disso, quando os resultados apontavam desvios significativos, autoridades sanitárias podiam tomar medidas preventivas para evitar surtos de doenças de origem hídrica (Richards; Woodman, 1909).

Muitos dos procedimentos sugeridos no livro baseavam-se na comparação visual entre cores produzidas por reações químicas, procedimento conhecido como método colorimétrico. Esse método dependia da formação de compostos coloridos ou precipitados sólidos gerados pelo analista a partir da amostra. Embora relativamente simples em sua execução, tais técnicas exigiam considerável domínio teórico e prático. Era indispensável conhecer as reações adequadas para produzir determinadas colorações e as condições experimentais que garantiam sua reprodutibilidade.

Antes de realizar qualquer teste colorimétrico, porém, havia uma etapa essencial, o preparo de soluções padrão. Tais soluções deveriam apresentar colorações distribuídas em uma ampla faixa de intensidades, permitindo a comparação com diferentes concentrações do analito de interesse. Como a cor está diretamente relacionada à concentração, soluções mais concentradas exibem tonalidades mais intensas, por isso, a variedade de padrões precisava ser numerosa e, sobretudo, ter concentrações precisamente conhecidas, preparadas necessariamente em laboratórios. Durante a análise, ao promover uma reação química específica na amostra de água, o analista obtinha uma coloração característica. Essa cor era então comparada visualmente às soluções padrão, determinando-se, por semelhança, a concentração aproximada do composto na amostra (Richards; Woodman, 1909; Soares *et al.* 2016).

Uma vez estabelecido o método, bastava seguir rigorosamente o protocolo para aplicá-lo a qualquer amostra de água e obter uma estimativa confiável de sua composição química. Embora esse livro tenha sido escrito para alunos de Química Sanitária do MIT, a maior parte dos métodos colorimétricos propostos podem ser aplicados por um público sem formação científica, contando que esse público tenha acesso aos resultados colorimétricos da solução padrão.

O funcionamento do método colorimétrico pode ser mais bem compreendido por meio de um exemplo clássico: a determinação de amônia utilizando o reagente de Nessler. Para

preparar uma escala de comparação adequada, parte-se de uma solução alcalina contendo iodeto de potássio (KI) e iodeto de mercúrio (HgI_2). Na presença de amônia (NH_3) ou do íon amônio (NH_4^+), esse reagente forma um complexo solúvel cuja coloração varia do amarelo ao marrom. A intensidade da cor depende diretamente da concentração dessas espécies nitrogenadas, o que permite construir uma escala cromática organizada, por exemplo, do amarelo pálido ao marrom intenso, para ser utilizada como referência na análise de amostras (Richards; Woodman, 1909).

No procedimento descrito por Ellen, produz-se uma série de dez soluções padrão, cada uma contendo quantidades crescentes de amônia, aumentando 0,1 mg/L por frasco até atingir 1 mg/L. Ao adicionar o reagente de Nessler a cada uma delas, obtém-se uma variação contínua de cores que funciona como base de comparação para as amostras reais. Assim, ao analisar a água de interesse e promover a reação com o reagente, a coloração resultante pode ser comparada com a escala preparada, permitindo inferir a concentração aproximada da espécie analisada (Richards; Woodman, 1909).

Esse teste é indicado no AWF para determinar a presença de diferentes formas de nitrogênio presentes na água, incluindo amônia, nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-). Embora seja possível adicionar diretamente o reagente de Nessler à amostra, os autores recomendam realizar antes uma destilação simples, a fim de eliminar interferentes. Como a amônia possui volatilidade maior que a água, ela é arrastada para o destilado, enquanto substâncias que poderiam reagir de forma indesejada permanecem no balão. Após coletar o destilado livre dessas interferências, adiciona-se o reagente de Nessler e, se houver amônia, o líquido desenvolverá a coloração característica, a qual é então comparada com os padrões preparados. Assim, caso a tonalidade coincidissem com o padrão de 0,5 mg/L, por exemplo, deduzia-se essa mesma concentração na amostra original.

A etapa seguinte corresponde à determinação da chamada amônia albuminóide. Como essas espécies não reagem diretamente com o reagente de Nessler, é necessária uma etapa adicional de oxidação. Ellen indica a adição de permanganato de potássio (KMnO_4) à amostra e o aquecimento controlado, promovendo a conversão dessas formas complexas de nitrogênio em amônia livre. Após a oxidação, o procedimento se torna idêntico ao anterior: destilação, adição do reagente e comparação com a escala padrão. Dessa forma, torna-se possível estimar a quantidade de nitrogênio orgânico presente na amostra, indicador importante de contaminação por matéria em decomposição (Richards, Woodman, 1909).

Os nitritos e nitratos, por sua vez, representam um estágio mais avançado de oxidação da matéria orgânica e, portanto, constituem indicadores relevantes de poluição ambiental. Apesar de a lógica metodológica permanecer semelhante, os reagentes empregados são distintos. Para a determinação de nitritos, prepara-se uma série de soluções padrão contendo ácido clorídrico, ácido sulfanílico e cloridrato de naftilamina. A combinação desses compostos leva à formação de um corante azo de coloração rósea, cuja intensidade aumenta proporcionalmente à concentração de nitritos. Ao adicionar esse reagente à amostra de água, obtém-se uma tonalidade que pode ser comparada à escala preparada, permitindo estimar com boa aproximação o conteúdo de nitrito (Richards, Woodman, 1909).

A análise de nitratos segue princípios semelhantes, embora envolva um conjunto de reagentes diferente. A solução padrão é preparada a partir da reação entre ácido fenoldissulfônico e uma solução alcalina, que, na presença de nitratos, origina compostos de coloração amarela intensa, derivados do ácido pícrico. Contudo, Ellen observa que esse reagente pode sofrer interferência de outras substâncias presentes na água, produzindo resultados falsos positivos. Para contornar esse problema, recomenda-se evaporar lentamente a amostra em banho-maria até quase secar, permitindo que o restante da água seque ao ar em ambiente protegido contra poeira. O resíduo sólido é então tratado com ácido fenolsulfônico, solução alcalina e água destilada. Se a água original contiver nitratos, o composto resultante apresentará coloração amarelada, comparável à escala preparada anteriormente (Richards, Woodman, 1909).

Após a determinação das espécies nitrogenadas, uma etapa importante no conjunto de análises propostas por Richards e Woodman (1909) consiste na quantificação do teor de cloro presente nas amostras de água. Esse elemento aparece usualmente sob a forma de cloretos de magnésio ($MgCl_2$) ou de cálcio ($CaCl_2$), e sua determinação demanda um procedimento diferente do empregado para amônia, nitritos e nitratos, embora ainda dependa de um indicador visual para sinalizar o ponto final da reação. A técnica utilizada é a titulação, íons cloreto (Cl^-) reagem prontamente com íons prata (Ag^+), formando um precipitado branco de cloreto de prata ($AgCl$), insolúvel em água. Conhecendo-se a concentração e o volume de uma solução padronizada de nitrato de prata ($AgNO_3$), utilizada como titulante, é possível calcular a quantidade de cloro presente na amostra.

Para indicar o término da titulação, adiciona-se cromato de potássio (K_2CrO_4) como indicador. Em solução aquosa, o cromato apresenta coloração amarelada; contudo, na presença de íons prata em excesso, formará um composto vermelho de cromato de prata,

indicando que todo o cloreto disponível já reagiu. A mudança de cor do amarelo para o vermelho marca, portanto, o ponto final da titulação, e a partir do volume gasto de AgNO_3 , determina-se a concentração de cloretos na amostra analisada (Richards; Woodman, 1909).

Além dos cloretos, outros sais de magnésio (Mg^{2+}) e cálcio (Ca^{2+}) desempenham papel importante na caracterização da qualidade da água, pois sua presença em quantidades elevadas ocasiona o fenômeno conhecido como água dura. Sais pouco solúveis, como carbonatos (CO_3^{2-}), nitratos (NO_3^-) e sulfatos (SO_4^{2-}) de cálcio ou magnésio, tendem a se depositar nas superfícies internas de encanamentos, chuveiros e torneiras, formando incrustações sólidas que dificultam o fluxo da água e comprometem a durabilidade das instalações. No uso doméstico, a água dura reduz a eficácia dos sabões, que são sais de ácidos graxos. Em solução, os sabões interagem tanto com partículas de sujeira quanto com a água, promovendo sua emulsificação. Entretanto, em águas ricas em Ca^{2+} e Mg^{2+} , esses íons reagem com os sabões, impedindo sua ação e diminuindo significativamente a formação de espuma (Costa Freitas, 2013).

Para determinar a dureza da água, Ellen descreve um método que difere dos anteriores porque não se baseia na análise de colorações, mas na observação da turbidez e do comportamento da espuma formada durante o ensaio. Inicialmente, prepara-se uma série de soluções padrão contendo concentrações conhecidas de sais de cálcio e magnésio. Em seguida, adiciona-se uma solução de sabão tanto às amostras quanto aos padrões. A comparação entre a quantidade de espuma gerada e o tempo de sua permanência na superfície permite inferir a concentração dos íons metálicos nas amostras: quanto maior o teor de Ca^{2+} e Mg^{2+} , menor a quantidade de espuma observada. Embora simples, esse procedimento mostrava-se suficientemente eficiente para detectar níveis de dureza, especialmente em regiões onde seus efeitos já se manifestavam no cotidiano doméstico (Richards; Woodman, 1909; Costa Freitas, 2013).

Além das espécies já discutidas, o livro enfatiza a necessidade de monitorar a presença de diversos outros metais nas amostras de água, especialmente aqueles associados às atividades industriais e de mineração presentes no início do século XX. Entre esses, três merecem atenção particular: ferro (Fe), chumbo (Pb) e alumínio (Al) (Labonne, 1996).

O ferro, quando presente em concentrações elevadas, confere sabor metálico à água, provoca manchas em roupas durante a lavagem e acelera processos corrosivos em tubulações antigas (Carvalho, 2004). O chumbo, amplamente utilizado nos sistemas de encanamento da época, é reconhecidamente tóxico, ainda que, no período em que o livro foi escrito, seus

efeitos nocivos não fossem completamente compreendidos (Carvalho, *et al.* 2005). Já o alumínio, empregado nas estações de tratamento na forma de sulfato de alumínio ($Al_2(SO_4)_3$), podia causar distúrbios gastrointestinais e interferir na absorção de minerais essenciais quando presente em excesso nas águas de consumo (Rosalino, 2011). O fato de existirem métodos analíticos sensíveis para identificar mesmo pequenas quantidades desses metais demonstra a preocupação crescente com sua presença, mesmo antes de seu impacto à saúde ser amplamente conhecido.

A determinação de ferro nas amostras seguia um procedimento em que aproximadamente 150 mL de água eram aquecidos em um cadinho de platina até a completa evaporação. Ao resíduo seco adicionavam-se cerca de 5 mL de ácido clorídrico diluído, com o objetivo de solubilizar todo o ferro presente. Após dissolução, o material era diluído com 50 mL de água destilada, formando uma solução homogênea. Em seguida, adicionava-se solução de permanganato de potássio ($KMnO_4$) gota a gota até que a coloração rósea persistisse por cerca de dez minutos, sinal de que todo o ferro na solução havia sido oxidado à forma férrica (Fe^{3+}). Esses íons, quando tratados com tiocianato de potássio ($KSCN$), originam um complexo de cor vermelho-sangue. Assim, o aparecimento dessa coloração indicava a presença de ferro na amostra. A intensidade do vermelho obtido era então comparada a padrões de concentração conhecida, permitindo a determinação quantitativa do metal (Richards; Woodman, 1909).

Para o chumbo, Ellen apresenta um protocolo mais complexo, resultado das particularidades químicas desse elemento e da possibilidade de interferência de outros metais. Quando a água analisada era naturalmente incolor, o procedimento podia ser conduzido diretamente sobre a amostra. Contudo, caso apresentasse turbidez ou coloração, recomendava-se evaporar de três a quatro litros de água até atingir um volume final de aproximadamente 25 mL, concentrando os possíveis contaminantes. A essa solução adicionavam-se amônia (NH_3) em excesso e sulfeto de hidrogênio (H_2S), promovendo a precipitação dos metais presentes como sulfetos insolúveis, incluindo o chumbo. A recuperação seletiva do chumbo era realizada mediante dissolução do precipitado em ácido nítrico (HNO_3) e ácido sulfúrico (H_2SO_4). Ellen enfatiza, entretanto, que a presença de ferro poderia comprometer a análise, por isso, o teste para ferro deveria ser feito previamente, e, caso fosse positivo, etapas adicionais precisariam ser adotadas para evitar interferências (Richards; Woodman, 1909).

No caso de amostras incolores, recomendava-se ainda a adição de pequenas quantidades de ácido acético, o que evitava precipitações indesejadas na forma de carbonatos.

Finalmente, a introdução de H_2S na solução reagia especificamente com o chumbo, produzindo um composto escuro. Como nos demais ensaios descritos no livro, a intensidade dessa coloração era comparada com padrões previamente preparados, possibilitando a quantificação do chumbo na amostra analisada (Richards; Woodman, 1909).

A determinação de alumínio também recebe atenção especial nessa obra, que descreve dois métodos distintos para sua identificação: um baseado no uso de hematoxilina purificada e outro que emprega extrato de pau-brasil, madeira rica no mesmo composto fenólico utilizado como reagente. Embora os princípios químicos envolvidos sejam equivalentes, a diferença entre os dois procedimentos está no preparo das soluções reagentes.

No método que utiliza a hematoxilina pura, prepara-se inicialmente uma solução diluindo 0,1 g da hematoxilina em 25 mL de água. Essa solução é então empregada diretamente na análise das amostras. Em um volume de 50 mL de água a ser examinada, adicionam-se duas gotas da solução de hematoxilina e, em seguida, uma gota de ácido acético a 20%, cuja função é acidificar o meio reacional. A presença de alumínio é evidenciada pela mudança de coloração, visto que a solução, antes incolor, adquire tonalidade avermelhada. Assim como nos demais testes colorimétricos descritos nesse livro, a intensidade dessa cor é confrontada com padrões previamente preparados, permitindo estimar a concentração da espécie analisada (Richards; Woodman, 1909).

O teste pode ser realizado de forma análoga utilizando-se extrato de pau-brasil como fonte natural de hematoxilina. Nesse caso, a preparação do reagente envolve a extração do composto a partir de 5 g de madeira raspada. A autora recomenda descartar as quatro primeiras infusões, pois nelas há elevada quantidade de material orgânico e impurezas que podem interferir nos resultados. A quinta extração, mais pura, é reservada para uso analítico. Com o extrato pronto, segue-se exatamente o mesmo protocolo adotado para o reagente purificado: adição do extrato à amostra, acidificação com ácido acético e posterior comparação da coloração obtida com padrões de concentração conhecida (Richards; Woodman, 1909).

7 PROJETO DE EXTENSÃO: “UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE QUÍMICA EM ESCOLAS DO CAMPO E PERIFÉRICAS: O TRATAMENTO DA ÁGUA E A HISTÓRIA DA QUÍMICA A PARTIR DE ELLEN RICHARDS”

A compreensão da qualidade da água e dos impactos que ela exerce sobre a saúde humana permanece um desafio central em diferentes comunidades, especialmente naquelas situadas em áreas rurais e com acesso limitado a serviços de saneamento básico. Apesar dos avanços tecnológicos e da disseminação de métodos analíticos mais precisos, ainda é comum que populações afastadas dos centros urbanos não tenham acesso às informações fundamentais sobre o monitoramento da água que consomem (Gomes Junior, 2010). Essa realidade reafirma a pertinência das reflexões e práticas disseminadas por Ellen Richards no final do século XIX, quando propôs que o conhecimento químico deveria ser acessível a todos, especialmente às mulheres responsáveis pelo lar, a fim de promover ambientes mais saudáveis e favorecer melhorias sociais mais amplas.

Inspirado nessa perspectiva, o projeto de extensão apresentado nesta tese, buscou aproximar a comunidade de um assentamento rural dos princípios básicos da análise de água, por meio de atividades educativas baseadas nas estratégias pedagógicas adotadas por Ellen. A iniciativa partiu da compreensão de que, assim como no período em que a autora atuou, ainda há grupos populacionais cujo acesso ao conhecimento científico é restrito, seja pela distância geográfica, ou por limitações estruturais das instituições educacionais disponíveis. Ao adaptar os métodos analíticos descritos por Ellen para uma abordagem simples, contextualizada e prática, o projeto visou promover autonomia, reflexão crítica e participação ativa dos moradores na avaliação da qualidade da água utilizada em suas atividades cotidianas.

Com esse projeto, buscamos estabelecer um diálogo direto com o campo da História da Ciência e Ensino ao promover a transposição de práticas historicamente situadas para contextos educacionais contemporâneos. O projeto evidencia que o ensino de Química pode ser compreendido como uma prática social contextualizada. Ao trabalhar a análise da potabilidade da água em uma comunidade com acesso limitado a recursos científicos, a proposta recupera elementos históricos da Química Sanitária e os ressignifica, aproximando-se de uma perspectiva externalista da ciência, na qual o conhecimento é indissociável de suas aplicações sociais (Martins, 2005).

Ao trabalhar diretamente com estudantes de uma escola do campo, a proposta permitiu a aplicação de algumas das técnicas históricas de análise, o diálogo sobre os desafios

contemporâneos enfrentados na região e a importância do monitoramento contínuo das fontes hídricas. Dessa forma, este capítulo descreve a construção, aplicação e resultados do projeto, destacando como a inspiração no legado de Ellen Richards se mostrou eficaz para aproximar a ciência do cotidiano da comunidade rural e ampliar a divulgação do conhecimento químico.

7.1 Construção do Projeto

O projeto foi desenvolvido na zona rural do município de Goianá–MG, dentro do assentamento Denis Gonçalves, um dos maiores do estado, com aproximadamente 4,683 mil hectares (MST, 2022²⁹). A escola atende estudantes do Ensino Fundamental, Ensino Médio e oferece turmas da Educação de Jovens e Adultos (EJA). Conforme registrado pelo próprio Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST), o assentamento ocupa a área onde antes funcionava a antiga fazenda de café Fortaleza de Sant'Anna, marcada historicamente por práticas de exploração e uso de mão de obra escravizada.

Atualmente, cerca de 150 famílias vivem e produzem no assentamento, que conta com o apoio de uma cooperativa responsável pela organização e comercialização da produção local, composta por hortaliças, conservas, bolos e outros alimentos. A região abriga, ainda, diversas cachoeiras e múltiplos pontos de água, como riachos e nascentes. Esses recursos hídricos são amplamente utilizados pela comunidade tanto para o abastecimento doméstico quanto para as atividades da escola, que também se abastece da água da nascente. Segundo relatos dos próprios estudantes, é comum que suas famílias possuam nascentes dentro de seus lotes. Diante desse cenário, torna-se fundamental que a população local compreenda a relevância dos parâmetros de qualidade da água e a necessidade de que essas fontes atendam aos padrões adequados para garantir um consumo seguro.

A adaptação dos métodos de análise de água para o contexto do assentamento Denis Gonçalves dialoga diretamente com as estratégias pedagógicas aplicadas por Ellen no final do século XIX. Assim como a cientista moldou o ensino de química para mulheres que, em sua maioria, não tinham formação científica formal e atuavam majoritariamente no espaço doméstico, o presente projeto buscou traduzir processos analíticos complexos para a realidade de uma comunidade rural que lida diariamente com fontes naturais de água.

²⁹ Disponível em: <https://mst.org.br/2022/03/25/assentamento-denis-goncalves-12-anos-de-resistencia-e-esperanca/> Acesso em 20 de outubro de 2025.

Ellen defendia que o ensino de química deveria partir de problemas concretos do cotidiano, a qualidade da água, a ventilação das casas, a conservação dos alimentos, de modo que o conteúdo se tornasse imediatamente significativo para o aprendiz. Seguindo esse princípio, as atividades do projeto foram planejadas a partir de situações reais vivenciadas pelos moradores como o uso de nascentes individuais, o abastecimento escolar por água de mina, as dúvidas recorrentes sobre possíveis contaminações e a relação direta entre a água e a saúde da família. Ao ancorar o conteúdo nos desafios cotidianos da comunidade, a análise de água deixa de ser uma prática distante, aplicada apenas em um laboratório acadêmico e se transforma em uma ferramenta concreta para a autonomia local.

Além disso, entendemos que Ellen buscava conectar o conteúdo científico aos saberes e responsabilidades atribuídos às mulheres de sua época e, nesse sentido, o projeto procurou identificação com os moradores do assentamento, muitos deles filhos de agricultores familiares experientes, com profundo entendimento prático sobre o manejo da terra e dos recursos naturais. Esse reconhecimento valida o saber local e estabelece um terreno comum entre ciência e prática cotidiana. Assim, em vez de apresentar a análise de água como um conhecimento externo, buscou-se ressaltar sua complementaridade às práticas já existentes de cuidado com as nascentes e manejo dos solos. Essa identificação favorece o engajamento e permite que o conteúdo seja percebido como útil e aplicável.

A partir da análise dos materiais escritos por Ellen e destinados ao público em geral, percebemos que a cientista não eliminava o conteúdo teórico da química, mas o explicava de forma progressiva, relacionando causa e efeito e utilizando analogias acessíveis. Esse mesmo princípio foi adotado no projeto, as explicações sobre espécies químicas, reações envolvidas e princípios analíticos foram mantidas, porém, traduzidas em linguagem clara, priorizando exemplos próximos da realidade local.

Por fim, uma das principais características das estratégias de ensino de Ellen era adotar experimentações e procedimentos que pudessem ser reproduzidos em casa ou em espaços simples, evitando dependência de equipamentos sofisticados. De forma semelhante, o projeto de extensão priorizou métodos analíticos historicamente empregados por Ellen, como testes colorimétricos e os adaptou para uso em um ambiente escolar rural, com materiais de baixo custo, fácil obtenção e baixa demanda técnica. A seleção dos experimentos levou em conta a segurança, o conteúdo a ser ensinado e a clareza visual dos resultados, garantindo que o processo investigativo fosse acessível, mas ainda fiel aos princípios fundamentais da análise química da água.

7.2 Aplicação do Projeto

A intervenção foi estruturada em duas etapas complementares. Inicialmente, realizou-se uma introdução teórica (Figura 20) com o objetivo de contextualizar a relevância da água ao longo do desenvolvimento das sociedades humanas. Foram discutidos episódios em que esse recurso desempenhou papel decisivo, desde a fixação das primeiras comunidades agrícolas próximas a cursos d'água até as transformações decorrentes da Primeira Revolução Industrial, quando a demanda por água e o conseqüente aumento da poluição ampliaram os desafios sanitários.

Figura 20 – Introdução Teórica – Projeto de Extensão



Fonte: Aplicação do Projeto de Extensão, 10 de setembro de 2025.

Nessa etapa, enfatizou-se a importância das análises químicas como instrumento de proteção à saúde pública, destacando parâmetros essenciais de qualidade da água, como pH, teor de íons cloreto (Cl^-) e presença de nitritos (NO_2^-), bem como os riscos associados quando esses indicadores se encontram fora dos padrões recomendados. Também se dedicou atenção à metodologia colorimétrica empregada por Ellen Richards, buscando fornecer aos estudantes a base conceitual necessária para a compreensão das atividades práticas subsequentes.

Na segunda etapa, os alunos participaram de um conjunto de experimentações utilizando um *kit* simples de análise de água, apropriado ao contexto escolar e alinhado ao

princípio de acessibilidade defendido por Ellen. Nessas atividades, os estudantes puderam relacionar diretamente os parâmetros avaliados com os conceitos discutidos na aula teórica, observando de forma concreta como variações químicas podem ser identificadas visualmente e interpretadas em termos de qualidade da água consumida no cotidiano.

O kit de análise de água utilizado no projeto foi adaptado a partir do modelo proposto por Gomes Júnior (2010) em sua dissertação de mestrado, que se assemelha aos testes colorimétricos propostos no AWF de Ellen Richards e, por isso, foi utilizado em nosso projeto. O autor elaborou um *kit* de baixo custo e fácil manuseio, destinado a possibilitar que produtores rurais realizassem o monitoramento contínuo de parâmetros físico-químicos da água de forma autônoma.

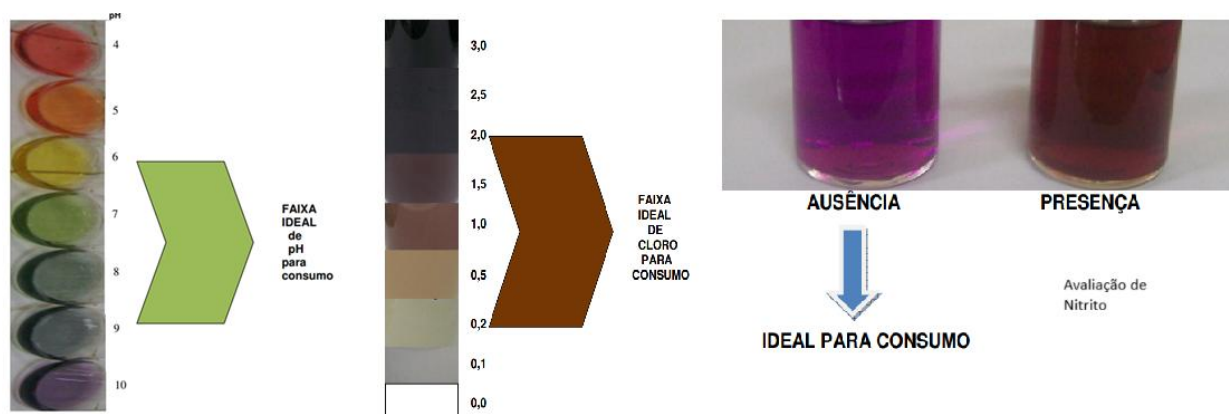
Como dito, seu princípio de funcionamento fundamenta-se no método colorimétrico, no qual a interpretação dos resultados ocorre por meio da comparação direta entre a coloração obtida na amostra e as escalas cromáticas fornecidas no próprio *kit*. Essas escalas indicam, de maneira clara, as faixas consideradas adequadas para o consumo humano, facilitando a leitura e a tomada de decisões por parte dos usuários.

Para a condução das análises realizadas durante o projeto de extensão, optou-se por utilizar os parâmetros de soluções padrão já estabelecidos na literatura, especialmente aqueles sistematizados na dissertação de Gomes Júnior (2010), cuja elaboração contempla rigor metodológico e validação experimental adequada para fins didáticos e de extensão. Considerando que o objetivo principal da intervenção não era desenvolver novos protocolos analíticos, mas sim adaptar práticas de análise de água para um público com pouco domínio técnico, não se justificaria a repetição do processo de preparação das soluções padrão.

Assim, foram empregados os parâmetros consolidados na obra consultada para os testes de pH, detecção de íons cloreto e identificação de nitritos, permitindo que os participantes aplicassem os mesmos princípios químicos presentes nas metodologias ensinadas por Ellen, mas com materiais acessíveis.

O material contou com: Uma solução indicadora de pH e uma escala de pH com a faixa ideal de consumo; Um recipiente com amido de milho, um recipiente com iodeto de potássio e uma escala indicando a faixa ideal de concentração de cloro adequada para o consumo; Uma solução ácida de permanganato de potássio e uma escala de cor indicando a faixa ideal consumo na determinação de nitritos (Figura 21).

Figura 21 – Escala colorimétrica para análise de pH, cloro e nitritos



Fonte: Gomes Junior, 2010, p. 50-66.

A solução indicadora foi elaborada por meio de um “indicador universal ácido-base, que foi preparado em um béquer de 100 mL de capacidade, dissolvendo-se 0,2 g de vermelho de metila, 0,1 g de azul de bromotimol e 0,1 g de fenolftaleína em 60 mL de álcool quente (60°C)” (Gomes Junior, 2010, p. 40). A solução foi transferida para um balão volumétrico de 100 mL de capacidade e o volume completado até o menisco com água destilada.

Com essa solução indicadora é possível determinar variações de pH entre 4 e 10, sendo a faixa ideal de consumo entre 6 e 9,5 de acordo com a Portaria GM/MS nº 888/2021. Ao aplicar uma gota dessa solução na amostra de água, a cor observada pode variar entre vermelho, pH ~ 4 e roxo pH ~10 , passando por cores intermediárias como laranja, amarelo e azul a depender do pH.

Já a solução ácida de permanganato de potássio foi preparada por “uma mistura de 20 mL de solução de permanganato de potássio a 10% (massa/massa) com 80 mL de solução de ácido clorídrico 0,1 mol/L” (Gomes Junior, 2010, p. 42). Quando existem nitritos na amostra de água, esses são oxidados à nitratos pela solução de permanganato. A oxidação dos nitritos causam a redução do manganês, formando um óxido desse metal que tem a coloração marrom. Desse modo, é observado a mudança de cor da solução de violeta para marrom. Dessa forma, ao adicionar uma gota dessa solução na amostra de água, caso haja nitritos, a solução tornar-se-á marrom, indicando que não está adequada para consumo. De acordo com Alaburda e Nishihara (1998), a presença dessas espécies nitrogenadas na água de consumo causa a produção de metemoglobina e de nitrosaminas, cancerígenas, por isso não é indicado o consumo quando o teste é positivo.

Para o teste de cloro faz-se uso de iodeto de potássio (KI) e amido de milho. O cloro presente na água é um oxidante forte. Quando é adicionado o sal iodeto de potássio na amostra de água, o iodo pode ser oxidado à iodo molecular (I_2) pelo cloro livre. O iodo molecular é capaz de formar um composto colorido com o amido de milho. Dessa forma, a concentração de cloro na água determina a quantidade de iodo molecular que será formado através do processo redox.

A concentração de iodo define a cor da solução, já que o composto colorido é formado pela reação dessa molécula com o amido. Quanto maior é a concentração da espécie molecular, mais intenso é a cor obtida. Sendo assim, é possível criar uma escala de cor indicando a faixa ideal de cloro na água de consumo. De acordo com a Portaria GM/MS nº 888/2021, a quantidade indicada é entre 0,2 mg/L e 5,0 mg/L, pois garante a desinfecção sem alterar as propriedades organolépticas.

Além disso, o *kit* foi montado (Figura 22) com pipetas de pasteur para manejar as soluções, mini espátulas para pegar os sólidos e tubos transparentes para coletar as amostras de água e, também, uma instrução de como utilizar o kit (Apêndice A). Tanto as soluções quanto os sólidos foram identificados para que não houvesse confusão.

Figura 22 – *Kits* de análise



Fonte: Montagem do kit em laboratório, setembro de 2025.

Os estudantes envolvidos na execução do projeto pertenciam às três séries do Ensino Médio. Como havia três kits de análise disponíveis, as turmas foram organizadas em três grupos. A primeira etapa consistiu na coleta das amostras de água. Um dos grupos, autorizado

pelos professores, percorreu os arredores da escola para coletar amostras provenientes de diferentes fontes conhecidas pela comunidade. Os demais grupos coletaram água diretamente das instalações da própria escola ou utilizaram as garrafas individuais trazidas pelos alunos de suas residências.

De posse das amostras, os estudantes foram orientados a iniciar as análises (Figura 23). Seguindo cuidadosamente o protocolo fornecido no kit e comparando a coloração obtida em cada amostra com as escalas cromáticas que indicam as faixas adequadas para consumo, os alunos conseguiram determinar os parâmetros químicos relevantes das fontes de água analisadas.

Figura 23 – Análise de água coletada pelos estudantes



Fonte: Aplicação do Projeto de Extensão, 10 de setembro de 2025.

O custo total para a realização das análises com o kit foi relativamente baixo, reforçando a viabilidade da proposta para contextos escolares e comunidades rurais. Cada análise individual demandou aproximadamente R\$ 6,98 referentes aos reagentes utilizados e R\$ 20,00 destinados aos recipientes necessários para o procedimento, que podem ser substituídos por materiais acessíveis na comunidade.

Além das análises realizadas durante a intervenção, foram montados três kits completos, deixados posteriormente na escola para uso contínuo da comunidade escolar. Cada kit possui potencial para a realização de cerca de 30 novas análises, permitindo que professores e estudantes deem continuidade ao monitoramento da qualidade da água local sem a necessidade de novos investimentos imediatos, fortalecendo a autonomia e a sustentabilidade pedagógica do projeto.

7.3 Resultados do Projeto

Durante a realização das atividades observou-se um bom nível de engajamento por parte dos estudantes, que participaram ativamente das discussões e demonstraram interesse genuíno em relacionar os princípios teóricos apresentados com as etapas práticas da análise de qualidade da água. A utilização do *kit* de análises mostrou-se especialmente eficaz nesse processo, pois favoreceu a mediação entre o conhecimento científico, muitas vezes percebido como abstrato, e as experiências cotidianas dos alunos, permitindo que conceitos como pH, teor de cloro e presença de nitritos fossem compreendidos a partir de situações reais do território em que vivem.

A coleta das amostras realizada pelos próprios estudantes desempenhou papel fundamental para essa aproximação entre teoria e prática. Ao comparar águas provenientes de diferentes fontes, como córregos, nascentes e o reservatório utilizado pela escola, os alunos foram capazes de identificar variações significativas nos parâmetros analisados e refletir criticamente sobre as condições sanitárias locais.

Como esperado para águas naturais não submetidas a processos de desinfecção, os níveis de cloro encontrados estavam abaixo dos valores recomendados para consumo humano, o que, em um contexto geral, indicaria potencial risco microbiológico. No entanto, essa constatação gerou um debate importante sobre o uso específico da água na escola, ocasião em que os funcionários esclareceram que o abastecimento destinado ao consumo passa previamente por filtração, processo suficiente para garantir sua segurança no contexto local. Esse diálogo reforçou a dimensão educativa da atividade, estimulando os alunos a compreenderem que a interpretação de resultados analíticos deve considerar o percurso da água e o sistema de tratamento associado.

Outro aspecto significativo da intervenção foi a articulação entre prática experimental e história da ciência. Ao resgatar as contribuições de Ellen Swallow Richards, foi possível estabelecer um elo entre os métodos empregados no projeto e a tradição científica que lhes deu origem. Os estudantes puderam reconhecer que muitas das técnicas simples aplicadas hoje emergem de pesquisas realizadas por Ellen no final do século XIX, o que contribuiu para valorizar o papel das mulheres na construção do conhecimento científico e para a compreensão da experimentação como prática historicamente situada e socialmente orientada.

Para avaliar a efetividade da intervenção e verificar se os conteúdos trabalhados foram de fato assimilados pelos estudantes, foram aplicadas duas avaliações diagnósticas: a primeira

antecedendo qualquer atividade (Apêndice B) e a segunda ao término do encontro (Apêndice C), após a exposição teórica e a execução dos experimentos com o *kit* de análise de água.

Conforme discutem Lage *et al.* (2021), a avaliação diagnóstica constitui um instrumento essencial para identificar o nível de compreensão inicial dos alunos, além de eventuais lacunas conceituais que possam comprometer o processo de aprendizagem. Assim, a aplicação desse instrumento permitiu mapear os conhecimentos prévios dos estudantes sobre temas como potabilidade da água, parâmetros físico-químicos, análise laboratorial e os impactos da qualidade da água na saúde humana.

A reaplicação da avaliação, ao final da atividade, possibilitou uma comparação direta entre as respostas, permitindo analisar de maneira objetiva o avanço conceitual promovido pela intervenção. Esse procedimento evidenciou o ganho de conhecimento e capacidade dos alunos de relacionar conceitos abstratos, como pH, cloração e presença de nitritos, com a prática concreta da análise das amostras coletadas em seu próprio território. Dessa forma, o uso da avaliação diagnóstica em dois momentos distintos configurou-se como instrumento de pesquisa eficaz para mensurar o aprendizado e refletir sobre os impactos educacionais do projeto (Lage *et al.*, 2021).

A análise das avaliações diagnósticas foi conduzida de maneira estatística e descritiva, restringindo-se à quantificação das respostas, ao levantamento de percentuais de semelhanças e à comparação direta entre os dois momentos de aplicação (Gil, 2008; Marconi; Lakatos, 2003). Optou-se por não realizar uma análise de conteúdo, uma vez que tal abordagem não compõe os objetivos desta tese e exigiria um tratamento metodológico mais robusto, voltado à interpretação das concepções dos estudantes.

Essa investigação detalhada, incluindo a categorização das respostas e a identificação de padrões discursivos será realizada posteriormente pelos integrantes do projeto de extensão, com vistas à elaboração e submissão de um artigo específico sobre os impactos pedagógicos da intervenção. Dessa forma, mantêm-se separados os propósitos desta pesquisa e os desdobramentos futuros do projeto, garantindo coerência metodológica e foco na proposta central deste capítulo.

A análise das respostas à primeira questão do pré-questionário – “Como a água pode ser importante para a vida humana?” – revela elementos significativos sobre o repertório conceitual inicial dos estudantes e sobre os modos pelos quais mobilizam seus conhecimentos cotidianos ao abordar um tema de relevância científica e social. Entre os 16 alunos participantes, observa-se predominância de respostas classificadas como de senso comum,

com forte apelo à ideia de sobrevivência, mencionada por 10 estudantes. Outras respostas referem-se à hidratação/desidratação (4 estudantes), à composição corporal (1 estudante) e às atividades cotidianas que dependem da água (1 estudante).

Do ponto de vista teórico, esse padrão de respostas é consistente com o que Ausubel (1978) denomina conhecimentos prévios de ancoragem, isto é, estruturas cognitivas preexistentes que os estudantes utilizam para interpretar novos conteúdos. Tais conhecimentos tendem a ser qualitativos e generalistas, ancorados em experiências diretas com o mundo. No caso desta questão, nota-se que a maioria dos alunos recorreu a significados amplos e não especificamente científicos, o que indica que ainda não articulam o tema a parâmetros técnicos de potabilidade, processos químicos associados ao metabolismo ou noções de saúde ambiental. Esse predomínio de respostas genéricas já era esperado, uma vez que o ensino formal de análise de água não fazia parte da rotina escolar dos participantes.

A segunda questão – “Se uma água é transparente, sem sujeiras visíveis, sem cor e sem cheiro, ela pode ser considerada própria para beber? Explique sua resposta.” – revelou respostas bastante diversificadas entre os 16 participantes. Um estudante afirmou que a água não seria própria para consumo, pois poderia ser salgada. Três alunos responderam que a potabilidade dependeria do local de coleta. Cinco estudantes destacaram que a água não poderia ser consumida apenas com base em sua aparência, mencionando a presença de bactérias, possíveis alterações de pH ou concentrações inadequadas de cloro. Por outro lado, sete alunos afirmaram que a água seria própria para beber, justificando a resposta com base em critérios sensoriais, ou seja, por parecer “pura” ou “limpa”. Entre essas respostas, duas chamaram especialmente a atenção: *“Sim, pois na minha visão ela estará limpa, ou sinais que ela é pura”* e *“Sim, o que os olhos não vêem o coração não sente”*, evidenciando a forte influência do senso comum na avaliação da qualidade da água.

Os alunos que responderam sim para a questão, demonstraram uma concepção estritamente perceptiva, na qual a aparência é tomada como indicador direto de qualidade, um padrão amplamente documentado em pesquisas sobre concepções espontâneas em ciências, que mostram que os estudantes tendem a confiar nos sentidos para avaliar fenômenos invisíveis (Driver *et al.*, 1994).

Entretanto, nove alunos apresentaram respostas mais alinhadas ao pensamento científico, reconhecendo que a pureza sensorial não garante segurança. Essas respostas indicam que parte dos estudantes já compreende que a análise da água envolve variáveis não perceptíveis, evidenciando um nível inicial de transição entre o pensamento cotidiano e o

pensamento científico escolarizado. Esse resultado sugere que a intervenção proposta tinha boas condições de promover avanços conceituais, pois os estudantes demonstravam subsunçores mínimos para aprendizagem significativa sobre parâmetros de qualidade da água (Ausubel, *et al.*, 1978).

A terceira questão – “Você conhece alguma forma de saber se a água de determinado local está própria para consumo? Se sua resposta for sim, explique como.” – apresentou resultados que evidenciam limitações importantes no repertório conceitual dos estudantes. Entre os 16 participantes, 10 afirmaram não conhecer nenhum método para avaliar a potabilidade da água. Apenas um estudante mencionou a necessidade de realizar análises laboratoriais. Dois alunos responderam que basta observar o ambiente ao redor da nascente, verificando a presença de sujeira ou animais. Já três estudantes disseram ser possível avaliar a qualidade da água por meio de características sensoriais, como cheiro, cor ou gosto.

Os dados da terceira questão revelam que a maioria dos estudantes não possui conhecimento prévio sobre métodos adequados de análise de água, o que evidencia uma lacuna significativa na compreensão de processos básicos de potabilidade. O fato de dez alunos afirmarem desconhecer qualquer método de avaliação reforça a predominância de um conhecimento não escolarizado, limitado às experiências cotidianas. As respostas que mencionam a observação sensorial (cheiro, cor, gosto) ou o ambiente ao redor da nascente revelam concepções baseadas em inferências perceptivas, nas quais fenômenos complexos são reduzidos ao que é diretamente observável (Driver, *et al.*, 1994).

Assim, a distribuição das respostas confirma que o projeto atendia a uma necessidade real da comunidade escolar, ou seja, introduzir os estudantes a métodos confiáveis de análise da água e superar interpretações baseadas exclusivamente na percepção sensorial ou na observação superficial do ambiente.

A quarta questão – “Você conhece alguém que estudou ou trabalhou com análise da água no passado?” – revelou um panorama dividido entre os estudantes. Dos 16 participantes, 10 afirmaram não conhecer ninguém que atuasse na área, enquanto 6 relataram ter contato com pessoas que trabalham na Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), indicando algum nível de proximidade com atividades relacionadas ao tratamento e controle de qualidade da água.

Os resultados mostram que a maioria dos estudantes não estabelece conexões pessoais ou históricas com profissionais que atuam na área de análise da água. Essa lacuna é especialmente relevante quando se considera que nenhum estudante citou figuras históricas

importantes, como Ellen Richards e William Nichols, responsáveis por estabelecer os parâmetros de qualidade de água na América.

A ausência desse reconhecimento reforça o que autores como Matthews (1994) e Forato (2009) destacam, a história da ciência é frequentemente ausente no ensino, dificultando que estudantes compreendam o desenvolvimento social, político e humano por trás dos conceitos científicos. Quando os estudantes não reconhecem os cientistas que contribuíram para determinado campo, perdem a oportunidade de compreender a ciência como uma construção histórica e coletiva. No caso de Ellen, essa falta de reconhecimento indica um apagamento ainda mais profundo, marcado também por questões de gênero dentro da história da ciência. Como aponta Rossiter (1993), mulheres cientistas têm sido historicamente invisibilizadas, o que repercute até hoje na ausência de modelos femininos nas trajetórias educacionais dos alunos.

A quinta questão – “Você se preocupa com a qualidade da água que você consome? Desde quando isso virou uma preocupação para os seres humanos?” – foi respondida pelos 16 estudantes participantes. Entre eles, 14 afirmaram se preocupar com a qualidade da água, justificando que essa preocupação teria surgido com o avanço da ciência e com o reconhecimento de doenças. Apenas 2 estudantes declararam não ter esse tipo de preocupação no cotidiano.

Sendo assim, pode-se observar que a maioria dos estudantes reconhece a qualidade da água como um tema relevante, mas apresentam uma compreensão limitada sobre quando e como essa preocupação se consolidou historicamente. A ideia, recorrente entre os alunos, de que a atenção à qualidade da água surgiu somente com o desenvolvimento da ciência reflete um entendimento linear e simplificado da história da saúde pública. Na realidade, práticas de cuidado com a água remontam a civilizações antigas, como egípcios, hindus e gregos, muito anteriores à ciência moderna.

As respostas ao pós-questionário indicam mudanças importantes na compreensão dos estudantes sobre o papel da água na vida humana. Na primeira pergunta – “Após as discussões, de que formas você acredita que a água pode ser importante na vida dos seres humanos?” – cinco alunos afirmaram que a água é importante em tudo, enquanto outros cinco mantiveram a ideia inicial, já expressa no pré-questionário, de que a água é essencial para a sobrevivência. Entretanto, seis estudantes ampliaram significativamente suas respostas, incorporando elementos discutidos durante a intervenção. Eles mencionaram que a preocupação com a qualidade da água acompanha as sociedades humanas desde suas

primeiras organizações, ressaltaram sua relação direta com a saúde e a qualidade de vida e citaram a importância de processos de tratamento para garantir sua potabilidade.

Quando comparados aos dados do pré-questionário, esses resultados mostram uma evolução conceitual, antes da intervenção, a maioria dos estudantes restringia-se à associação imediata entre água e sobrevivência biológica. No pós-questionário, observa-se que parte dos alunos passou a reconhecer dimensões históricas, sociais e científicas do tema, indicando que a aula contribuiu para expandir suas percepções e aprofundar sua compreensão sobre a importância da água além do aspecto vital básico.

Na segunda questão do pós-questionário – “Com base no que foi discutido, por que uma água que esteja visualmente limpa, sem cheiro e sem gosto, ainda pode estar imprópria para o consumo?” – 11 alunos responderam que mesmo uma água aparentemente limpa pode conter microrganismos patogênicos, enquanto 5 mencionaram a ausência de tratamento químico como um fator que compromete sua potabilidade.

Foi possível verificar uma mudança importante em relação ao pré-questionário, no qual uma parcela significativa dos estudantes acreditava que a aparência sensorial da água era um indicador suficiente de sua qualidade. Após a intervenção, observa-se que a maioria compreendeu que a potabilidade depende de parâmetros microbiológicos e químicos que não podem ser percebidos visualmente, reforçando que a água cristalina não é necessariamente segura. Essa mudança sugere que a abordagem teórico-prática contribuiu para desfazer concepções equivocadas comuns em comunidades rurais sobre a segurança da água de fontes naturais.

Na terceira questão do pós-questionário – “Ellen Swallow Richards utilizou métodos simples, como a mudança da cor em uma solução, para detectar substâncias na água. Na sua opinião, como o trabalho dessa cientista contribui para a qualidade de vida da população?” – 9 alunos destacaram que os estudos da cientista possibilitaram o estabelecimento inicial de padrões de qualidade da água e impulsionaram o desenvolvimento de métodos de análise; 5 alunos associaram sua contribuição à melhoria da qualidade de vida e da saúde pública; e 2 mencionaram que seus trabalhos favoreceram a compreensão sobre a qualidade da água e sobre os testes necessários para avaliá-la.

Verificamos que os estudantes conseguiram reconhecer Ellen como uma figura histórica relevante para a ciência e para a saúde coletiva. Nota-se a compreensão de que suas ações foram estruturantes para o campo da análise de água, especialmente ao transformar métodos laboratoriais em ferramentas acessíveis para o cotidiano, algo que dialoga

diretamente com o objetivo deste projeto de extensão. O fato de a maioria dos alunos associar seu trabalho à criação de padrões e ao avanço dos métodos analíticos indica uma maior compreensão sobre a dimensão social e científica da atuação da química. Além disso, as respostas mostram que os estudantes perceberam Ellen como agente de transformação, capaz de conectar ciência e cuidado com o meio ambiente, reforçando a importância histórica das mulheres nas ciências, conhecimento que anteriormente não fazia parte do repertório da turma.

Na quarta questão – “Você sabe o que significa o pH da água? Qual seria o pH ideal para uma água considerada boa para o consumo humano?” – 6 alunos responderam que o pH corresponde à medida de acidez ou basicidade da água e apontaram como ideal a faixa entre 6 e 9, conforme indicado na escala presente no *kit* utilizado na atividade. Outros 9 alunos também definiram corretamente o pH como medida de acidez ou basicidade, mas afirmaram que o valor ideal seria 7, demonstrando uma compreensão associada ao conceito de neutralidade. Apenas 1 estudante declarou não saber responder.

As respostas indicam que a maioria dos estudantes assimilou o conceito fundamental de pH, demonstrando domínio básico adequado para o nível de ensino. A divergência entre a faixa 6–9 e o valor fixo 7 indica que, embora o conceito tenha sido compreendido, ainda há uma tendência de simplificar o pH ideal como neutro, ideia muito difundida no ensino básico e reforçada por livros didáticos. Esse dado mostra que muitos alunos associam qualidade da água exclusivamente ao pH neutro, desconsiderando faixas aceitáveis de variação. Assim, embora haja boa interpretação conceitual, ainda é necessário reforçar que a potabilidade envolve intervalos seguros definidos por normas técnicas, não um valor único.

Na última questão do pós-questionário – “Por que é importante garantir que a água que consumimos tenha qualidade adequada?” – 13 estudantes afirmaram que a principal razão é evitar doenças e preservar a saúde, enquanto 3 alunos relacionaram a qualidade da água ao risco de desidratação.

Os dados apontam que a maioria dos estudantes compreendeu a relação direta entre qualidade da água e segurança sanitária, demonstrando alinhamento com o conteúdo discutido na intervenção. A associação feita por três alunos entre qualidade da água e desidratação revela, contudo, uma compreensão mais restrita, focada apenas no consumo em quantidade, e não na composição ou nos contaminantes presentes. Essa diferença reforça que, apesar de avanços conceituais, ainda há necessidade de fortalecer a distinção entre economia de água e água tratamento de água.

De forma geral, os resultados do projeto revelaram o seu potencial como estratégia de promoção de uma maior compreensão dos conceitos químicos trabalhados e da conscientização ambiental. A experiência demonstrou que a integração entre contextualização, experimentação e história da Ciência amplia a capacidade dos alunos de interpretar fenômenos científicos a partir de sua realidade social. Em comunidades rurais, onde o acesso a práticas laboratoriais e à cultura científica costuma ser limitado, iniciativas como esta configuram-se como mecanismos de democratização do conhecimento e fortalecimento da autonomia das populações no monitoramento e cuidado de seus próprios recursos hídricos.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A investigação apresentada ao longo desta tese buscou explorar e compreender de maneira crítica as estratégias de ensino aplicadas por Ellen Swallow Richards, ressaltando sua relevância histórica e suas potenciais contribuições para reflexões contemporâneas sobre o ensino de Química. Ao centrar a análise em diferentes materiais escritos pela cientista, destinados a públicos distintos e inseridos em realidades socioculturais específicas, foi possível discutir o conteúdo químico presente nessas obras e as dimensões retóricas, pedagógicas e sociais que permeiam sua produção científica.

A pesquisa apontou que Ellen não se limitou a exercer um papel relevante na institucionalização da Química Sanitária e da Economia Doméstica, mas também desenvolveu um conjunto de estratégias de ensino marcadas pela sensibilidade à heterogeneidade dos seus estudantes, variando o nível de detalhamento científico e a abordagem teórica conforme o grupo a que se destinava. Essa capacidade de adequação pedagógica revela um entendimento profundo acerca da natureza do conhecimento científico e do papel social da educação, elementos que frequentemente se mostram ausentes nas práticas tradicionais de ensino ainda vigentes.

Ao longo da análise de suas obras técnicas, voltadas ao ambiente acadêmico e aos estudantes do MIT, observou-se um discurso pautado pela precisão conceitual, pela objetividade e pelo rigor metodológico característicos da ciência positivista da época. Ellen apresentava fundamentos teóricos e experimentos laboratoriais detalhados, com o propósito de capacitar profissionais aptos a enfrentar os desafios sanitários emergentes em um contexto de urbanização e industrialização aceleradas. Esses materiais contribuíram significativamente para o desenvolvimento da Engenharia e da Química Sanitária enquanto campo consolidado, demonstrando o impacto direto da atuação da cientista na formulação de padrões e práticas de análise de água que influenciaram pesquisas e políticas públicas nos Estados Unidos e em outros países.

Por outro lado, suas obras destinadas ao público feminino e ao contexto doméstico revelam uma estratégia discursiva diferente, acessível, prática, cotidiana e, ao mesmo tempo, profundamente embasada em princípios científicos. A cientista compreendia que o lar era um espaço central na manutenção da saúde pública e que a educação das mulheres desempenhava papel crucial para a melhoria das condições sanitárias da sociedade. Nesse sentido, Ellen recorria à contextualização, à exemplificação e ao diálogo com experiências domésticas, com

o objetivo de facilitar a apropriação do conhecimento científico por parte de leitoras que, historicamente, haviam sido excluídas do ambiente formal da ciência.

Essas diferenças intencionais de abordagem mostram que as estratégias pedagógicas de Ellen Richards eram atravessadas por marcadores sociais como gênero e classe, e que seu trabalho antecipou discussões modernas sobre inclusão e uma abordagem mais próxima à realidade dos estudantes. Sua produção demonstra que a comunicação científica não é neutra, mas construída socialmente e profundamente influenciada pelas relações de poder e pelas expectativas culturais do contexto histórico. Assim, ao examinar as estratégias de ensino adotadas pela cientista, este estudo evidencia de que maneira epistemologias e práticas pedagógicas historicamente situadas podem oferecer subsídios relevantes para reflexões contemporâneas

Em um cenário em que a heterogeneidade escolar é um desafio recorrente, a análise das estratégias de ensino da cientista permite identificar princípios pedagógicos que dialogam com as abordagens atuais, como a valorização da experimentação, a contextualização dos conceitos químicos, a articulação entre teoria e prática e o reconhecimento de que o conhecimento científico deve dialogar com a vida cotidiana e a transformação social. Além disso, a reflexão sobre suas práticas contribui para debater a importância da comunicação científica como ferramenta de democratização do saber e de empoderamento de grupos historicamente marginalizados.

Do ponto de vista historiográfico, este trabalho também reforça a necessidade de ampliar as discussões sobre a presença de mulheres na ciência, reconhecendo suas contribuições e analisando criticamente como suas estratégias de atuação revelam modos particulares de construção e disseminação do conhecimento. Ellen desafiou as convenções sociais da época ao ingressar no MIT, ao atuar como instrutora e ao estabelecer espaços de formação científica exclusivamente femininos. Sua trajetória demonstra que a produção científica feminina, quando analisada para além de narrativas biográficas, pode revelar novas perspectivas sobre o desenvolvimento da ciência e de suas práticas pedagógicas.

Adicionalmente, o estudo propôs uma articulação entre a História da Ciência e a Educação em Química, especialmente no que tange à avaliação da potabilidade da água em comunidades rurais e periféricas. A inspiração nas estratégias de Ellen Richards permitiu refletir sobre como atividades de análise química, quando contextualizadas em realidades locais, podem promover uma educação científica crítica e alinhada às necessidades reais da população. Assim, o legado pedagógico e sanitário de Richards se estende para além do

contexto histórico original, dialogando com desafios atuais relacionados à saúde, ao meio ambiente e ao acesso ao conhecimento.

Por fim, esta tese reafirma que a investigação do passado, quando conduzida de modo crítico e metodologicamente rigoroso, possibilita compreender como práticas e discursos científicos se moldaram e se transformaram ao longo do tempo. Ellen Swallow Richards emerge dessa análise como referência na Química Sanitária, Economia Doméstica e na Ecologia Humana, mas também como uma educadora cuja atuação oferece importantes elementos para pensar o ensino de Química no século XXI. Seus métodos reafirmam que a ciência, para ser efetivamente social, precisa ser compreensível, acessível e situada nas necessidades de seus diferentes públicos.

REFERÊNCIAS

- AGATA, Renato Kenniti Silvestre. Inaugurando o externalismo na História da Ciência: Boris Hessen e a aplicação do materialismo dialético em Newton na defesa de Einstein e Bohr. **Khronos, Revista de História da Ciência**, p. 41-61, 2025.
- AKPAN, Bem; KENNEDY, Teresa. **Science Education in Theory and Practice: An Introductory Guide to Learning Theory**. Springer International Publishing, 2020.
- ALABURDA, Janete; NISHIHARA, Linda. Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços. **Revista de Saúde Pública**, v. 32, p. 160-165, 1998.
- ALMEIDA, Douglas Cesar de. O Predomínio das Histórias da Ciência Internalistas e a Permanência da Ausência de Historiadores Brasileiros na Escrita da Ciência e Seus Reflexos no Ensino de História. **História da Ciência e Ensino: Construindo Interfaces**, v. 28, p. 89-108, 2023.
- ANGELAKIS, Andreas N.; ROSE, J. B. **Evolution of sanitation and waste water Technologies through the centuries**. London: IWA publishing, 2014.
- ANGSTMAN, Charlotte Smith. "College Women and the New Science." **Popular Science Monthly**, v. 53, p. 674-90, 1898.
- AUSUBEL, David Paul; *et al.* **Educational Psychology: A Cognitive View**. Michigan: Holt, Rinehartand Winston, 1978.
- BACON, Francis. **Sylva sylvarum: or, a natural history in tem centuries**. MT: Kessinger Pub, 1669.
- BAKER, M. N.; TARAS, Michael J. **The quest for pure water: the history of water purification from the earlies records to the twentieth century**. New York: The American Water Works Association, 1949.
- BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BAZERMAN, Charles. **Shaping Written Knowledge: The Genre and Activity of the Experimental Article in Science**. Madison: The University of Wisconsin Press (1988).
- BENEDITO, Fabiana de Oliveira. Intrusas: uma reflexão sobre mulheres e meninas na ciência. **Ciência e Cultura**, v. 71, n. 2, p. 06-09, 2019.
- BIERMANN, Carol; BRADLEY, Rosa. The Gaias (Earth Mothers) of the Ecological/Conservation Movements. **The American Biology Teacher**, v. 61, n. 4, pp. 252-257, 1999.
- BILLINGER, R. Thomas Messinger Drown. **Journal of Chemical Education**, v. 7, n. 12, pp. 2875-2886, 1930.

BOHNING, James. Crystallizing Classroom Chemists: From Isolated Disorder to Organized Interaction in the Teaching of Chemistry: A History of the Effort To Create a National Chemical Education Organization. **Journal of Chemical Education**, v. 80, n. 6, pp. 642-650, 2003.

BOURDIEU, Pierre. **Os usos sociais da ciência: por uma sociologia clínica do campo científico**. São Paulo: UNESP, 2004.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio**. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2018.

BRIGHENTI, Josiane; BIAVATTI, Vania Tanira; SOUZA, Taciana Rodrigues. Metodologias de ensino-aprendizagem: uma abordagem sob a percepção dos alunos. **Revista GUAL**, v.8, n.3, p. 281-304, 2015.

BRUNO, Maryann; DANIELS, Elizabeth A. **Vassar College**. Arcadia Publishing. 2001.

CAMPBELL, Karlyn Kohrs. **“Introduction.”** Women Public Speakers in the United States, 1925-1993: A Bio-Critical Sourcebook. Ed. Karlyn Kohrs Campbell. Westport, CT: Greenwood Press, 1994.

CARVALHO, Anésio Rodrigues de. Processo de Complexação do Ferro em Águas Subterrâneas – Uma Proposta de Mudança da Portaria 36 do Ministério da Saúde. In: **XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**, Cuiabá/MT, 2004.

CARVALHO, Maria de Fátima Henriques et al. Níveis de chumbo na água para consumo em escolas municipais da cidade de São Paulo. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 64, n. 1, p. 39-43, 2005.

CHIZZOTTI, Antonio. A pesquisa qualitativa em ciências humanas e sociais: evolução e desafios. *Revista Portuguesa de Educação*, v. 16, n. 2, p. 221-236, 2003.

CLARKE, Robert. Ellen Swallow: **The woman who founded ecology**. Chicago, IL: Follett. 1973.

COSTA FREITAS, Makezia Mayara da et al. Avaliação da interferência de salinidade e dureza da água no processo de micelização com sabão base. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 4, p. 20, 2013.

DASTON, Lorraine; GALISON, Peter. **Objectivity**. Zone Books, 2007.

DEROSSI, Ingrid Nunes, e FREITAS-REIS, Ivoni. “Os Cinco Métodos Característicos de um Processo de Aprendizagem sob a Ótica do Filósofo e Pedagogo Isaac Watts no Século XVIII”. **Revista Sul-Americana de Filosofia e Educação (RESAFE)**, n. 28, p. 141-155, 2017.

DOOLITTLE, Dortha Bailey. Women in science. **Journal of Chemical Education**, v. 22, n. 4, pp. 171-174, 1945.

DRIVER, Rosalind *et al.* Constructing scientific knowledge in the classroom. **Educational researcher**, v. 23, n. 7, p. 5-12, 1994.

DURACK, Katherine T. "Gender, Technology, and the History of Technical Communication." *Technical Communication Quarterly*, v. 6, n. 3, p. 249-260, 1997.

DURANT, Elizabeth. A Lab of Their Own. **MIT Technology Review**, 2006. Disponível em: <https://www.technologyreview.com/s/405825/a-lab-of-their-own/>. Acesso em: 13 out. 2020.

DYBALL, Robert; CARLSSON, Liesel. Ellen Swallow Richards: Mother of Human Ecology? **Human Ecology Review**, v. 23, n. 2, p. 17–28, 2017.

EDWARDS, June. **Women in American Education, 1820–1955: The Female Force and Educational Reform**. Westport (Connecticut): Greenwood Press, 2002.

FARIA, Adriano Antonio. **A história do instituto universal brasileiro e a gênese da educação a distância no Brasil**. 2010. 156 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba, 2010.

FERREIRA, Fernanda Nunes; MONTEIRO, Maria Inês Couto; SILVA, Lílian Irene Dias. Determinação de nitrogênio total em amostras de rocha petrolífera pelo Método Kjeldahl / Indofenol. In: **Jornada do Programa de Capacitação Interna do CETEM**, 1., 2007, Rio de Janeiro. Anais Rio de Janeiro: CETEM, 2007.

FORATO, Thaís Cyrino de Mello. **A natureza da ciência como saber escolar: um estudo de caso a partir da história da luz**. 2009. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

FORTES, Clarissa Corrêa. Interdisciplinaridade: origem, conceito e valor. **Revista Acadêmica Senac On-line**. 6 ed, 2009.

FRANCO, Maria Laura P. B. **Análise de Conteúdo**. Brasília: Liber Livro Editora, 2012.

FREIRE, Paulo. O processo de alfabetização política. In: FREIRE, Paulo. **Uma educação para a liberdade**. 4 ed., Porto: Dinalivro, 1974, p. 41-59.

GARR-SCHULTZ, Alexandra; GARDNER, Wendi L. Strategic Self-Presentation of Women in STEM. **Social Sciences**, v. 7, n. 2, p. 1-16, 2018.

GATES, Barbara T.; SHTEIR, Ann B. eds. **Natural Eloquence: Women Reinscribe Science**. Madison, WI: University of Wisconsin Press, 1997.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2008.

GOMES JUNIOR, Luiz. **Kit de baixo custo para avaliação da potabilidade da água em zonas rurais**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal de Minas Gerais. Montes Claros, 2010.

GÓMEZ GONZÁLEZ, Judith. *et al.* Arqueometría aplicada a la conservación de textiles arqueológicos de fibras celulósicas. Petate y mortaja de un fardo mortuorio de Zimapán, Hidalgo. **Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana**, v. 71, n. 2, p. 429-444, 2019.

GORENCE, Patricia J. Women's name rights. **Marquette Law Review**, v. 59, p. 876, 1976.

GRAY, Robert M. Coeducation at MIT: 1950's-1970's. **Stanford University**, 2019.
Disponível em: https://ee.stanford.edu/~gray/Coeducation_MIT.pdf. Acesso em: 06 ago. 2023.

GURALNICK, Stanley. **Science and the Ante-Bellum American College (Memoirs of the American Philosophical Society)**. Philadelphia: American Philosophical Society, 1975.

GRIFFIN, Katherine. Woman's Education Association (Boston, Mass.) Records. **Woman's Education Association (Boston, Mass.)**, 2014.

HELVIE-MASON, Lora. Pivotal communication: Marion Talbot's voice for educational equity. **Vitae Scholasticae**, v. 27, n. 2, p. 43-67, 2010.

HIRATA, Helena. **O trabalho do cuidado (care) em perspectiva comparada: França, Japão e Brasil**. In: ABREU, Maria Aparecida. Organizadora. Redistribuição, reconhecimento e representação: diálogos sobre igualdade de gênero. Brasília, DF: Ipea, 2011.

HODGE, A. Trevor. Siphons in Roman aqueducts. **Papers of the British School at Rome**, v. 51, p. 174-221, 1983.

HUNT, Caroline Louisa. **The Life of Ellen H. Richards**. Boston: Whitcomb & Barrows, 1912.

HYLAND, Ken. **Disciplinary Discourses: Social Interactions in Academic Writing**. California: Longman, 2000.

ISKANDAR, Jamil Ibrahim; LEAL, Maria Rute. Sobre positivismo e educação. **Revista Diálogo Educacional**, v. 3, n. 7, p. 89-94, 2002.

JUNIOR, Marcos Wink; STEIN, Guilherme. Heterogeneidade da Turma e o Aprendizado Escolar: O Papel das Qualificações do Professor. **Planejamento e Políticas Públicas**, n. 49, p. 179-195, 2017.

KEPNER, W. EPA and a Brief History of Environmental Law in the United States. **International Visitor Leadership Program (IVLP)**. Las Vegas, 2016.

KOHLSTEDT, Sally Gregory. Maria Mitchell: The Advancement of Women in Science. **The New England Quarterly**, v. 51, n. 1, p. 39-63, 1978.

KOSMINSKY, Luis; GIORDAN, Marcelo. Visões de ciências e sobre cientista entre estudantes do ensino médio. **Química Nova na Escola**, v. 15, n. 1, p. 11-18, 2002.

KRENN, Michael. **The Louisiana Purchase Exposition**, Saint Louis, 1904: "The Coronation of Civilization". Routledge, 1999.

KROMHOUT, Robert; GOOD, Ron. Beware of societal issues as organizers for Science education. **School Science and Mathematics**, v. 83, p. 647-650, 1983.

LABONNE, Beatrice. Artisanal mining: an economic stepping stone for women. In: **Natural Resources Forum**. Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd. p. 117-122, 1996.

LAGE, Maria Aparecida de Oliveira; *et al.* Avaliação Diagnóstica como ferramenta de aprendizagem na educação básica. In: ARAÚJO, Márcia Moreira; ALVES, Carlos Jordan Lapa (Org.) **EDUCAÇÃO MINORIAS, PRÁTICAS E INCLUSÃO 2**. Ponta Grossa: Editora Atena, 2021. p. 177-189.

LAIRD, Susan. Getting a Concept of Coeducation. **Journal of Philosophy & History of Education**, v. 64, n. 1, 2014.

LAKOFF, George. **The contemporary theory of metaphor In Metaphor and thought**. Cambridge: Cambridge University Press, 1993.

LATOUR, Bruno; WOOLGAR, Steve. **Laboratory Life: The Construction of Scientific Facts**. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1979.

LEMKE, Jay. **Talking Science: Language, Learning, and Values**. Norwood: Ablex Publishing Corporation, 1990.

LINDEE, M. Susan. The American Career of Jane Marcet's Conversations on Chemistry, 1806-1853. **Isis**, v. 82, n. 1, p. 8-23, 1991.

LIPPINCOTT, Gail Woodward. **Ellen Swallow Richards: rhetorical strategies of a nineteenth-century technical communicator**. Tese (Doutorado em Filosofia). University of Minnesota, 1999.

LIPPINCOTT, Gail. Moving Technical Communication into the Post-Industrial Age: Advice from 1910. **Technical Communication Quarterly**, v. 12, n. 3, p. 321-342, 2003.

LONGO, Bernadette. "An Approach for Applying Cultural Study Theory to Technical Writing Research". **Technical Communication Quarterly**, v. 7, n. 1, p. 53-73, 1998.

LOPES, Maria Margaret. Sobre convenções em torno de argumentos de autoridade. **Cadernos Pagu**, p. 35-61, 2006.

MADIGAN, J. C. The education of women and girls in the United States: A historical perspective. **Advances in Gender and Education**, v. 1, n. 1, p. 11-13, 2009.

MAFFIOLETTI, Virgínia Lúcia Reis; LOYOLA, Cristina Maria Douat; NIGRI, Fortunée. O sentido e os destinos do cuidar na preparação dos cuidadores de idosos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 1, n. 4, p. 1085-1092, 2006.

MANFREDI, Sílvia Maria. Metodologia do ensino: diferentes concepções. Campinas: F. E./UNICAMP, mimeo, 1993.

MARCET, Jane Haldimand. **Conversations sur l'économie politique, dans lesquelles on expose d'une manière familière les éléments de cette science.** JJ Paschoud, 1817.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica.** São Paulo: Editora Atlas S.A., 2003.

MARTINS, Gilberto Andrade. **Estudo de Caso – Uma Estratégia de Pesquisa.** São Paulo: Atlas, 2006. 120p.

MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. História da Ciência: objetos, métodos e problemas. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 11, n. 2, p. 305–317, ago. 2005.

MASON, Warren. Laboratory Notes on Industrial Water Analysis. A Survey Course for Engineers. By Ellen H. Richards, Instructor in Sanitary Chemistry, Massachusetts Institute of Technology. New York, John Wiley & Sons; London, Chapman & Hall, Limited. 1908. **Science**, v.29, n. 743, pp. 501-501, 1909.

MATTHEWS, Michael R. **Science teaching: The role of history and philosophy of science.** New York: Routledge, 1994.

McGREGOR, Sue L. T. Home Ecology to Home Economics and Beyond: Ellen Swallow Richards' Disciplinary Contributions. **Journal of Family & Consumer Sciences**, v. 112, n. 2, p. 28-39, 2020.

McGREGOR, Sue L.T.; LONGO, Gail T. “Where Visions Meet: Ellen Swallow Richards and Maria Montessori”. **Journal of Family & Consumer Sciences**, v. 114, n. 3, p. 34–37, 2022.

MEDEIROS, Giovana Mendonça de. **Ellen Swallow Richards: a primeira mulher a ingressar no Instituto de Tecnologia de Massachusetts.** 2021. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2021.

MELNICK, R. Shep. **The Transformation of Title IX: Regulating Gender Equality in Education.** D.C: The Brookings Institution, 2018.

MELOSI, Martin V. **The sanitary city: Environmental services in urban America from colonial times to the present.** University of Pittsburgh Press, 2008.

MIT Archive. **Ellen Swallow Richards and MIT.** 1999. Disponível em: <https://wayback.archiveit.org/7963/20190702115845/https://libraries.mit.edu/archives/exhibits/esr/esr-mit.html>. Acesso em: 01 nov. 2019.

MONAGHAN, E. Jennifer. Literacy instruction and gender in Colonial New England. **American Quarterly**, v. 40, p. 18–41, 1988.

MORAIS, José; KOLINSKY, Régine. Literacia científica: leitura e produção de textos científicos. **Educar em Revista**, n. 62, p. 143-162, 2016.

MOREIRA, Ana Elisa da Costa. **Relações entre as estratégias de ensino do professor, com as estratégias de aprendizagem e a motivação para aprender de alunos do ensino fundamental**. Dissertação (Mestrado) – Centro de Educação, Comunicação e Artes. Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2014.

NICHOLS, William Ripley. **Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences**. v. 22, p. 528-534, 1886.

NISKIER, Arnaldo. Os aspectos culturais e a EAD. *In*: LITTO, Fredric Michael; FORMIGA, Manuel Marcos Maciel (org.). **Educação a distância: o estado da arte**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2009.p. 28-33.

OLIVEIRA, Ana Carla Menezes de. A história da formação em Economia Doméstica nos séculos XVIII e XIX: conhecimento e profissão. **Linguagens, Educação e Sociedade**, n. 18, p. 103-111, 2008.

OLDENZIEL, Ruth. **Making technology masculine: men, women and modern machines in America, 1870-1945**. Amsterdam University Press, 1999.

ORTIZ, Renato. À procura de uma sociologia da prática. *In* Bourdieu, Pierre. **Sociologia**, São Paulo, Ática, p. 7-36, 1978.

PEREIRA, Zoe de Miranda. Representações e contextos do uso do singular they e da neolinguagem não binária. **Revista Philologus**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 83, p. 242-255, 2022.

PERELMAN, Chaim; OLBRECHTS-TYTECA, Lucie. **The New Rhetoric: A Treatise on Argumentation**. Trans. John Wilkinson and Purcell Weaver. Notre Dame: U of Notre Dame P, 1969.

RANDOLPH, Elizabeth. **A brief history of the teaching of home economics in the public schools of the united states**.Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação. Butler University, Indiana. 1942.

RAWLINS, John. The history of commercial, military and sportdiving. **Transactions**, v. 101, n. 1, 1988.

RICE, Richard. Teaching and Learning Chemistry. **Journal of Chemical Education**, v. 79, n. 11, pp. 1292-1294, 2002.

RICHARDS, Ellen Henrietta. Domestic Economy in Public Education. **New York College for the Training Teachers**, v. II, n. 4, 1889.

RICHARDS, Ellen Henrietta. **Laboratory Notes: Sanitary chemistry and water analysis**. Boston: Library of Congress, 1896.

- RICHARDS, Ellen Henrietta. **Plain Words about Food**, 11-12. "Letter from Ellen H. Richards to The Massachusetts Board of World's Fair Managers," written Boston, Dec. 27, 1893.
- RICHARDS, Ellen Henrietta. **Sanitation in daily life**. Boston: Whitcomb & Barrows, 1907.
- RICHARDS, Ellen Henrietta. **The chemistry of cooking and cleaning; a manual for housekeepers**. Boston: Estes & Lauriat, 1882.
- RICHARDS, Ellen Henrietta; WOODMAN, Alpheus G. **Air, Water, and Food: from a sanitary standpoint**. New York: John Wiley & Sons, 1909.
- RICHARDS, Robert Hallowell. **Robert Hallowell Richards: His Mark**. Little, Brown and Co. Boston. 1936.
- RICHARDSON, Barbara. Ellen Swallow Richards: "Humanistic Oekologist", "Applied Sociologist" and the Founding of Sociology. **The American Sociologist**, v. 33, n. 3, p. 21-57, 2002.
- RICHMOND, H. Droop. Notes from the Khedivial Laboratory, Cairo. **Analyst**, v. 17, pp. 5b-17, 1892.
- RIVERS, William E. Studies in the history of business and technical writing: A bibliographical essay. **Journal of Business and Technical Communication**, v. 8, n. 1, p. 6-57, 1994.
- ROBINSON, Lynne. Ellen Swallow Richards: the most influential scientist you probably never heard of (until now). **The Minerals, Metals & Materials Society**, v. 66, n. 1, 2014.
- RODRIGUES, Cassiano Terra. "O Desenvolvimento do Pragmatismo Segundo Dewey". **Cognitio-Estudos: revista eletrônica de filosofia**, v. 5, n. 2, 2008.
- ROSALINO, Melanie Roselyne Rodrigues. **Potenciais efeitos da presença de alumínio na água de consumo humano**. 2011. Dissertação de Mestrado. Universidade NOVA de Lisboa (Portugal).
- ROSEN, George. Ellen H. Richards (1842-1911), sanitary chemist and pioneer of professional equality for women in health science. **American Journal of Public Health**, v. 64, n. 8, pp. 816-819, 1974.
- ROSSITER, Margaret W. The Matthew Matilda Effect in Science. **Social Studies of Science**, v. 23, n. 2, p. 325-341, 1993.
- ROSSITER, Margaret W. **Women scientists in America: struggles and strategies to 1940**. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1982.
- RUDOLPH, John L. **How We Teach Science: What's Changed, and Why It Matters**. Harvard University Press, Cambridge, 2019.

SAITO, Fumikazu. História da Ciência e Ensino: em busca de diálogo entre historiadores da ciência e educadores. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, v. 1, p. 1–6, 2010.

SANTANA, Marco Antônio de; OLIVEIRA, Vitor Hugo de. O Instituto Universal Brasileiro e a formação técnica e profissional: uma leitura de sua contribuição para a educação a distância de jovens e adultos no Brasil (1940-1990). **Revista Poiesis Pedagógica**, v. 23, p. 1-14, 2025.

SANTOS, Alex Luis; CARMO, Cláudio Márcio. Sobre a legitimação da autoridade científica: uma compreensão dos artifícios avaliativo-discursivos que asseguram um poder. **Apologi e 3 J. Mayorga, Il teatro è n'artepolitica 5 L. Magno, Apologie étatique et concorde religieuse. Sur quelques pamphlets de Loys Le Roy**, v. 6, p. 103, 2013.

SANTOS, EnockJabes do Nascimento; FRAGA, Francisco Edson Nogueira. **A importância do tratamento e cuidados com a água de caldeira**. Monografia (Bacharelado em Ciência e Tecnologia) - Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2017.

SECORD, James A. Knowledge in transit. **Isis**, v. 95, n. 4, p. 654-672, 2004.

SILVA, João Carlos da. “Utopia Positivista E instrução Pública No Brasil: Alguns Apontamentos”. **Varia Scientia**, v. 5, n. 9, p. 79-88, 2005.

SINGH, Jyoti; YADAV, Priyanka; PAL, Ashok Kumar; *et al.* Water Pollutants: Origin and Status. In: POOJA, D.; KUMAR, Praveen; SINGH, Pardeep; *et al.* (Orgs.). **Sensors in Water Pollutants Monitoring: Role of Material**. Singapore: Springer Singapore, p. 5–20, 2020.

SMITH, L. Historical Perspectives on Water Purification. In: Chemistry and Water. [s.l.]: Elsevier, p. 421–468, 2017.

SOARES, Samara Silva *et al.* Avaliação de métodos para determinação de cloro residual livre em águas de abastecimento público. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 37, n. 1, p. 119-130, 2016.

SOUSA, Luana Passos; GUEDES, Dyeggo Rocha. A desigual divisão sexual do trabalho: um olhar sobre a última década. **Estudos Avançados**, v. 30, n. 87, p. 123-139, 2016.

SOUZA, Daniele Cristina de. “O POSITIVISMO DE AUGUSTE COMTE E A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA NO CENÁRIO BRASILEIRO”. **REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, v. 8, n. 1, p. 29–42, 2020.

SUTHERLAND, Serenity. **Discovering science for women: the life of Ellen Swallow Richards, 1842-1911**. Tese (Doutorado em Filosofia). History Department, University of Rochester, 2017.

SWALES, John. **Genre analysis: English in academic and research settings**. New York: Cambridge University Press, 1990.

SWALLOW, Pamela Curtis. **The Remarkable Life and Career of Ellen Swallow Richards: Pioneer in Science and Technology**. Hoboken, NJ: Wiley. 2014.

SWANSON, RaeAnn Lillian. Clean up our home: Ellen Swallow Richards' human ecology and emerging environmental ideologies, 1890-1915. **Honors Program Theses**, 2013.

TALBOT, H. Ellen Swallow Richards: Biography. **Technology Review**. V. 13, p. 365-373. 1985.

TANKERSLEY, Kenneth Barnett; DUNNING, Nicholas P.; CARR, Christopher; et al. Zeolite water purification at Tikal, an ancient Maya city in Guatemala. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 18021, 2020.

THATTAL, D. A history of public education in the United States. **Journal of Literacy and Education in Developing Societies**, v. 1, n. 2, 2017.

TIBALLI, Elianda Figueiredo Arantes. **Pragmatismo, experiência e educação em John Dewey**. Poços de Caldas: ANPEd, 2003.

WALSH, Elizabeth Anne. **Home ecology and challenges in the design of healthy home environments: possibilities for low-income home repair as a leverage point for environmental justice in gentrifying urban environments**. 2015. Tese (Doutorado em Filosofia) – Universidade do Texas, Austin, 2015.

WARNER, Deborah Jean. Science Education for Women in Antebellum America. **History of Science Society**, v. 69, n. 1, p. 58-67, 1978.

WATTS, Isaac. **The Improvement of the Mind: or, a Supplement to the Art of Logic: Containing a Variety of Remarks and Rules for the Attainment and Communication of Useful Knowledge, in Religion, in the Sciences, and in Common Life**. Londres, 1743.

WOODMAN, Alpheus G.; NORTON, John F. **Air, Water and Food from a sanitary standpoint**. New York: John Wiley & Sons, 1914.

YIN, Robert. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2ed, 2001.

APÊNDICE A – Instruções para o Uso do Kit

INSTRUÇÕES PARA REALIZAR OS TESTES DE QUALIDADE DA ÁGUA:

Teste de pH:

- Recolher uma amostra de água;
- Adicionar uma gota da solução indicadora de pH na amostra;
- Agitar a solução e observar a formação de cor;
- Comparar a cor obtida na amostra com a escala de cores disponível.

Análise de Cloro:

- Recolher uma amostra de água;
- Adicionar uma ponta de colher de iodeto de potássio;
- Adicionar duas pontas de colher de amido de milho;
- Agitar a solução e observar a formação de cor;
- Comparar a cor obtida na amostra com a escala de cores disponível.

Análise de Nitritos:

- Recolher uma amostra de água;
- Adicionar duas gota da solução ácida de permanganato de potássio na amostra;
- Agitar a solução e observar a formação de cor;
- Comparar a cor obtida na amostra com a escala de cores disponível.

APÊNDICE B – Pré-Questionário

- 1) Como a água pode ser importante para a vida humana?

- 2) Se uma água é transparente, sem sujeiras visíveis, sem cor e sem cheiro, ela pode ser considerada própria para beber? Explique sua resposta.

- 3) Você conhece alguma forma de saber se a água de determinado local está própria para o consumo? Se sua resposta for sim, explique como.

- 4) Você conhece alguém que estudou ou trabalhou com análise da qualidade da água no passado?

- 5) Você se preocupa com a qualidade da água que você consome? Desde quando isso virou uma preocupação para os seres humanos?

APÊNDICE C – Pós-Questionário

- 1) Após as discussões, de que formas você acredita que a água pode ser importante na vida dos seres humanos?

- 2) Com base no que foi discutido, por que uma água que esteja visualmente limpa, sem cheiro e sem gosto ainda pode estar imprópria para o consumo?

- 3) Ellen Swallow Richards utilizou métodos simples, como a mudança da cor em uma solução, para detectar substâncias na água. Na sua opinião, como o trabalho dessa cientista contribui para qualidade de vida da população?

- 4) Você sabe o que significa o pH da água? Qual seria o pH ideal para uma água considerada boa para o consumo humano?

- 5) Por que é importante garantir que a água que consumimos tenha qualidade adequada?