

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO  
GRANDE DO SUL**

***CAMPUS FELIZ***

**Curso Superior de Licenciatura em Química**

**ISABEL BECKER**

**IMPORTÂNCIA DO RELATÓRIO DE AULA PRÁTICA MANUSCRITO:  
COMPARATIVO NO DESEMPENHO DOS ALUNOS QUANTO À APRENDIZAGEM  
E FIXAÇÃO, QUANDO REALIZAM SEU RELATÓRIO MANUSCRITO OU  
DIGITADO**

Feliz, RS

2024

ISABEL BECKER

**IMPORTÂNCIA DO RELATÓRIO DE AULA PRÁTICA MANUSCRITO:  
COMPARATIVO NO DESEMPENHO DOS ALUNOS QUANTO À APRENDIZAGEM  
E FIXAÇÃO, QUANDO REALIZAM SEU RELATÓRIO MANUSCRITO OU  
DIGITADO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado junto ao Curso de  
Licenciatura em Química do Instituto  
Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Rio Grande do Sul, como  
requisito parcial à obtenção do título de  
Licenciada em Química.

Orientador: Prof. Me. Cleonei Antônio Cenci

Feliz, RS

2024

ISABEL BECKER

**IMPORTÂNCIA DO RELATÓRIO DE AULA PRÁTICA MANUSCRITO:  
COMPARATIVO NO DESEMPENHO DOS ALUNOS QUANTO À APRENDIZAGEM  
E FIXAÇÃO, QUANDO REALIZAM SEU RELATÓRIO MANUSCRITO OU  
DIGITADO**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao  
Curso Superior de Licenciatura em Química do  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia  
do Rio Grande do Sul como requisito para a  
obtenção do título de Licenciado em Química.

Orientador: Prof. Me. Cleonei Antônio Cenci

Aprovado em 12 de Dezembro de 2024.

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof. Me. Cleonei Antonio Cenci

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carine Winck Lopes

---

Prof. Dr. Francisco Cunha da Rosa

Dedico este trabalho à minha família, pelo apoio proporcionando que eu estivesse aqui. Aos amigos que me ouviram reclamar e me trouxeram inspiração e motivação para alcançar este momento. E em especial ao meu gato laranja, Mino, que nos deixou durante esse processo, mas que enquanto esteve aqui, me fez companhia durante muitas das longas madrugadas de leitura.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus amigos e colegas, que tornaram essa caminhada mais leve e enriquecedora. Por compartilharem momentos de aprendizado, superação e parceria.

Ao meu orientador Cleonei, pela paciência, apoio, incentivo e motivação recebidos durante esse processo, os quais foram fundamentais para a realização deste estudo.

Aos professores do curso de química, aos pedagogos, químicos e licenciados, por compartilharem experiências e conhecimento.

À escola Guilherme, por permitir que eu realizasse a aplicação deste trabalho, aos seus professores, que contribuíram com relatos e experiências.

*“Escrever é uma habilidade crítica, mas também pode ser uma ferramenta potencial para o aprendizado.”*

— Arnold *et al.* 2017.

## RESUMO

O estudo investiga os efeitos da escrita manual em comparação com a digitação no aprendizado de alunos do ensino médio na disciplina de química, com ênfase em memorização, retenção e compreensão dos conteúdos. Nossa pesquisa nos leva a acreditar que a escrita manual favorece a síntese e o processamento ativo das informações, promovendo maior engajamento cognitivo e melhor fixação do conhecimento quando comparado à digitação. A aplicação da pesquisa envolveu alunos de duas turmas do primeiro ano do ensino médio, divididas em dois grupos, os quais produziram relatórios após uma aula prática de identificação de ácidos e bases, um destes grupos foi instruído a entregar os relatórios manuscritos, enquanto o outro teve de entregá-los digitados. Ambos os grupos foram avaliados em uma prova sem consulta, e os resultados indicaram que os alunos que escreveram os relatórios à mão apresentaram desempenho superior na avaliação. Os relatórios manuscritos demonstraram maior objetividade e uso dos conceitos conforme trabalhados em aula, sugerindo uma melhor assimilação e compreensão do conteúdo. Já os relatórios digitados apresentaram menos referências aos conceitos abordados diretamente nas aulas, sugerindo que os alunos focaram mais em pesquisas externas e menos na assimilação direta das informações. A pesquisa também aborda teorias cognitivas que explicam esses resultados, buscando estudos que demonstram que a escrita manual ativa áreas do cérebro associadas à memória e à linguagem, enquanto a digitação envolve menos processos cognitivos, sendo mais mecânica. O estudo sugere que a escrita manual desempenha um papel crucial no desenvolvimento cognitivo e na aprendizagem a longo prazo, apontando para a necessidade de equilíbrio entre métodos tradicionais e o uso de tecnologias no ensino, especialmente em disciplinas como química, onde a compreensão conceitual é de extrema importância. Nesse contexto, os relatórios manuscritos podem ser uma estratégia pedagógica eficaz, contribuindo para uma maior retenção, compreensão e autonomia no aprendizado dos alunos.

**Palavras-chave:** Escrita manual. Retenção de conteúdo. Ensino de química.

## ABSTRACT

The study investigates the effects of handwriting compared to typing on the learning process of high school students in chemistry, focusing on memorization, retention, and content comprehension. The data suggest that handwriting favors the synthesis and active processing of information, promoting greater cognitive engagement and better knowledge retention compared to typing. The research involved students from two first-year high school classes, divided into two groups. After a practical lesson on identifying acids and bases, one group was instructed to submit handwritten reports, while the other submitted typed ones. Both groups were assessed through a closed-book test, and the results indicated that students who wrote the reports by hand performed better in the evaluation. Handwritten reports showed greater objectivity and use of concepts as taught in class, suggesting better assimilation and comprehension of the content. Conversely, typed reports demonstrated fewer references to concepts directly addressed in lessons, suggesting that students focused more on external research and less on direct assimilation of the information. The research also incorporates cognitive theories explaining these results, referencing studies that show handwriting activates brain areas associated with memory and language, whereas typing involves fewer cognitive processes, being more mechanical. The study suggests that handwriting plays a crucial role in cognitive development and long-term learning, emphasizing the need for a balance between traditional methods and the use of technology in education, particularly in subjects like chemistry, where conceptual understanding is essential. In this context, handwritten reports can be an effective pedagogical strategy, contributing to greater retention, comprehension, and autonomy in students' learning processes.

**Keywords:** Handwriting. Content retention. Chemistry teaching.

**LISTA DE ABREVIATURAS**

|      |                                           |
|------|-------------------------------------------|
| BNCC | Base Nacional comum curricular            |
| EEG  | Eletroencefalograma                       |
| CTSA | Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente |

**LISTA DE TABELAS**

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1</b> - Notas em relação ao modelo de relatório Digitado .....   | 29 |
| <b>Tabela 2</b> - Notas em relação ao modelo de relatório Manuscrito ..... | 30 |

## SUMÁRIO

|                                                                                       |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO.....</b>                                                             | <b>12</b> |
| <b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>                                                    | <b>16</b> |
| 2.1 Comparativo entre a escrita manual e digitação na psicologia da aprendizagem..... | 17        |
| 2.2 Ativação neural durante o processo de escrita manual e digitada.....              | 19        |
| 2.3 Importância da escrita na aprendizagem.....                                       | 23        |
| 2.4 Importância da escrita na aprendizagem de conceitos químicos.....                 | 25        |
| <b>3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>                                            | <b>27</b> |
| <b>4. ANÁLISE DE DADOS.....</b>                                                       | <b>29</b> |
| <b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>                                                   | <b>33</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                                               | <b>35</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>                                                                    | <b>41</b> |
| Anexo 1 - Plano de aulas ministradas antes da aplicação do questionário.....          | 41        |
| Anexo 2 – Questionário aplicado aos participantes após a entrega dos relatórios.....  | 46        |

## 1. INTRODUÇÃO

Quando estamos na sala de professores escutamos muito que cada vez mais os alunos apresentam dificuldade na fixação dos conteúdos, percebe-se também que cada vez os alunos escrevem menos, estão perdendo o costume de fazer anotações e apenas copiam o conteúdo quando isso é parte da avaliação. Em contrapartida, estamos equipando os alunos com chromebooks e estes acabam por trocar a escrita manual pela digitada. Não vemos mais alunos dentro das bibliotecas transcrevendo sua pesquisa realizada na consolidada enciclopédia Barsa, a título de exemplo.

A memorização de conceitos, muito condenada por alguns educadores é parte da construção do conhecimento, se nos baseamos na taxonomia de Bloom, revisada por Ferraz e Belhot (2010), a primeira fase no domínio cognitivo seria o conhecimento, definido como sendo a habilidade de lembrar informações e conteúdos previamente abordados, sendo estes fatos, datas, palavras, teorias, métodos, classificações, lugares, regras, entre outros. Esta seria a primeira habilidade a ser atingida e envolve lembrar um significativo volume de informação ou fatos específicos, com o objetivo principal de trazer à consciência esses conhecimentos em outros níveis da atividade cognitiva, operacional e criativa.

A teoria da aprendizagem de Vygotsky refere a interação ativa com o mundo físico como um componente de fundamental importância no desenvolvimento cognitivo da criança. Para ele, “a internalização das atividades culturais ocorre através da prática e da transformação da atividade externa em interna, o que resulta no desenvolvimento de funções psicológicas superiores” (VYGOTSKY, 1978, pág. 57). Disso pode-se inferir que a escrita ajuda a desenvolver também a motricidade fina durante a aprendizagem, o que impactaria positivamente o aprendizado, dada a plasticidade cerebral e a relação intrínseca daquela (a escrita) com esta (a aprendizagem). Contudo não é só no cérebro das crianças que podemos associar a escrita manual com um maior trabalho neural em comparação com a digitação, os estudos da psicologia educacional, como o de Mueller e Oppenheimer (2014), bem como estudos neurocientíficos como de Van der Meer e Van der Weel (2017 e 2024), entre outros, chegam para nos lembrar que nossa aprendizagem pode ser muito mais eficiente quando fazemos uso da escrita manual durante esse processo de construção da aprendizagem.

O tema de pesquisa surge de um conjunto de problemas ouvidos e observados em sala de aula, as atualizações de tecnologia e materiais para uso em sala de aula estão mudando mais rápido do que podemos acompanhar seu impacto no aprendizado do aluno. Durante minha formação técnica, tive professores que nos solicitaram relatórios manuscritos, e alguns

conceitos, quase dez anos após os ter aprendido, ainda estão presentes na minha memória, enquanto muitos conteúdos recentemente vistos tenho a necessidade de pesquisar para relembrar. Durante a realização dos estágios em sala de aula e conversando com professores percebeu-se uma maior dificuldade de memorização conceitual por parte dos alunos, ouviu-se de um professor “está complicado, os alunos não querem anotar nada, mas também não lembram depois e temos que explicar de novo e não conseguimos seguir o conteúdo”. Sabemos que decorar é diferente de aprender, mas seguindo a teoria de Bloom, a memorização é a base, o aluno inicia um novo aprendizado memorizando, onde temos os conceitos de reconhecer e reproduzir ideias.

Todo nosso contexto atual ainda é um pós pandemia, onde todos nós passamos a fazer uso em maior escala de ferramentas tecnológicas para o estudo e aprendizagem, isso pode estar relacionado com a dificuldade observada e também mencionada pelos professores atualmente. Isso nos leva a refletir sobre a importância de escrever sobre o que se está aprendendo e como o professor de química pode agir para uma aprendizagem mais duradoura de conceitos fundamentais que serão base para conhecimentos futuros.

Temos inúmeros estudos que relacionam a importância da metodologia ativa, onde os alunos realizam experimentos sobre os conceitos estudados, com o ensino da química, porém a experimentação na química, mesmo sendo de suma importância para despertar interesse dos aluno e contribuir para que este elabore conceitos abstratos comuns na química, por si só pode não suprir as etapas necessárias para promover a aprendizagem sólida; quando o aluno lembra, relaciona e compreende, sabendo explicar o conteúdo e construir novos conceitos a partir daquela base.

Em relação a isso precisamos entender melhor como nosso cérebro funciona e aprende numa dimensão neuronal e, como químicos, nossa maior habilidade é reconhecer padrões e reproduzir processos. Na educação, entender como funciona o processo cerebral de aprendizagem pode nos auxiliar a utilizar esse entendimento com os nossos alunos, de uma forma que cumpra o objetivo principal que é o aprendizado, mas que o processo de aprendizagem não seja algo exaustivo que afaste o aluno, ou seja, tratar-se-ia de dispor da forma mais curta e fácil de que o aluno atinja o objetivo.

Deste modo surge o problema de pesquisa, qual a importância do relatório manuscrito nas aulas práticas em laboratório de química, associando-se o mesmo para aprendizagem e fixação de conteúdo.

Temos como hipótese básica a de que os relatórios de aula prática são essenciais no ensino de química. Nos relatórios os alunos precisam explicar o que foi visto e associar com

as aulas teóricas, com isso precisam estruturar o que foi concluído, o que promove a compreensão e a fixação dos conceitos previamente aprendidos.

Vemos uma crescente queixa por parte de professores que cada vez mais os alunos chegam apresentando dificuldade de fixação e compreensão dos conteúdos, e muito da defasagem da aprendizagem é associado ao contexto pós pandemia em que vivemos. Ao mesmo tempo que a tecnologia evolui, parecem surgir mais problemas de fixação, assimilação de conteúdos, falta de foco e outros que não cabem todos a serem citados.

Na pedagogia já é consolidada a importância da escrita para o desenvolvimento cognitivo e da motricidade, como em Fonseca (2008), Thompson, (2000). Fonseca (2008) fala de como a psicomotricidade está profundamente conectada ao processo de aprendizagem e ao desenvolvimento cognitivo, através de uma visão integrada entre as funções motoras e cognitivas, citando a importância de habilidades como a coordenação motora fina no desenvolvimento da escrita e outras competências. Thompson (2000), explora o impacto da prática da escrita manual no desenvolvimento cognitivo e motor, destaca que a escrita manual está profundamente interligada ao desenvolvimento cognitivo, associando a coordenação motora fina com habilidades cognitivas, como o processamento de linguagem e a autopercepção. No contexto atual, de troca do papel e caneta por teclados, crescem estudos sobre a importância da escrita manual não só no desenvolvimento do cérebro infantil, mas também no processo de fixação e aprendizagem em adultos.

Com essas informações vemos que se torna de suma importância verificar e avaliar se em turmas de ensino médio regular podemos observar diferença no desempenho destes alunos quando exigidos que descrevam e expliquem atividades realizadas dentro do laboratório de forma manuscrita e por meio de relatório digitado. Lembrando que os conceitos aprendidos em química serão base para diversas áreas que este aluno pretende seguir, bem como também entender mais do que acontece em nosso corpo, na natureza e em nosso planeta no geral, e trabalhar o pensamento crítico do indivíduo.

Esta pesquisa se delimita em desenvolver o presente estudo durante as aulas de química, teórico e prática, em duas turmas de primeiros anos do ensino médio da Escola Estadual Guilherme Exner, localizada no município de Presidente Lucena- RS. O estudo será aplicado sobre o tema de funções químicas inorgânicas, parte do conteúdo a ser desenvolvido nesta etapa do ensino médio.

O intuito do presente trabalho é averiguar a possibilidade de melhorar a capacidade de memorização de assimilação conceitual duradoura e o rendimento dos alunos em avaliações

por meio de solicitação de entrega de relatórios manuscritos sobre os conteúdos abordados em aulas práticas, em comparação com a realização dos mesmos relatórios digitados.

Este trabalho surge com a pretensão de analisar a possível diferença no desempenho dos alunos quando realizaram a mesma atividade prática com a diferenciação de uma parte da turma ter de entregar o relatório manuscrito e a outra, digitado. A análise será feita através do emprego de atividades experimentais sobre conteúdos previamente estudados, investigando e relacionando o desempenho de alunos do ensino médio em avaliação conceitual, tendo como suposta prática da realização relatórios manuscritos após atividades em laboratório. Trata-se de relacionar a fixação do conteúdo abordado em aulas práticas de química com a escrita manual sobre o mesmo, avaliando o desempenho dos alunos de ensino médio, aplicando-se questionário sobre aula prática, diferenciando-se o formato de relatório entregue pelos alunos em manuscrito e digitado.

Com o avanço da tecnologia cada vez exigimos menos do nosso cérebro em nosso cotidiano, escrevemos menos, digitamos mais, fazemos uso de inteligência artificial para facilitar resolução de problemas.

Neste contexto, tentar resgatar o hábito da entrega de relatórios manuscritos após aula prática pode trazer vários benefícios, como, melhora a retenção de informações, melhora na organização de ideias, auxiliando a habilidade de articular conceitos, bem como auxiliar na concentração e foco melhorando a assimilação dos conceitos.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

É cada vez mais comum que troquemos o hábito de escrever manualmente pelo de digitar teclando ou até mesmo digitar por voz, isso também está ocorrendo cada vez mais cedo com as crianças (LONGCAMP, *et al.*, 2006; KIEFER, *et al.* 2015). Assim como surgem novas tecnologias, há uma tendência a aderirmos ao novo. Contudo, constantemente também surgem estudos de como hábitos às vezes considerados defasados possuem suma importância para o nosso desenvolvimento cognitivo/intelectual: quando escrevemos exercitamos muito mais regiões do nosso cérebro do que ao digitarmos (JAMES e ENGELHARDT, 2012), o desenho das letras ao escrevermos exige muito mais do que bater teclas, a experiência motora ativa uma região do cérebro relacionada a funções cognitivas, como o reconhecimento visual, de objetos, e principalmente relacionado a linguagem e processamento de leitura, chamado na neurociência de giro fusiforme esquerdo<sup>1</sup>.

Quando escrevemos exercitamos nossa inteligência espacial e tátil, isso poderia ser associado a um impacto positivo em relação à memorização e fixação (UMEJIMA, *et al.* 2021). Arelado ao contexto atual de valorização das tecnologias e inovação nos métodos de ensino, vem se tornando preocupante o fato de que estamos perdendo o hábito de escrever com nosso consolidado papel e caneta (LONGCAMP, *et al.* 2006).

Os estudos sobre o impacto a longo prazo destas mudanças sobre a aprendizagem não acompanham a mesma rapidez com que as mesmas vêm acontecendo em sala de aula. Barroso *et al.* (2019) em seu estudo sobre as dificuldades de ensino de Química no Ensino Médio fala sobre a importância de contextualizar com a realidade do aluno, assim como em Barroso *et al.* (2020), Batista e Silva (2018) e Andrade *et al.* (2021). A atual Base Nacional de Comum Curricular - BNCC (2018) para o ensino médio já traz em suas habilidades a exigência desta contextualização do conteúdo com a realidade onde o estudante está inserido: o estudante não aprende somente o que é uma ligação química, por exemplo, mas também quais as propriedades de substâncias presentes em sua vida são relacionadas com as ligações químicas dos materiais.

Por outro lado, diversos são os estudos que falam em motivar o aluno. Batista e Silva (2018), fala sobre incentivar motivação, engajamento e argumentação dos alunos em sala de aula, usando a abordagem histórico-investigativa no ensino de Ciências. Barroso *et al.* (2020)

---

<sup>1</sup> Desempenha um papel fundamental em várias funções cognitivas, como o reconhecimento de rostos, objetos e palavras, incluindo o processamento visual e linguístico. (Solomon, *et al.* 2017)

propõe uma aprendizagem significativa em química por meio da abordagem de ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA), com um método de ensino apresentando uma relação entre uma aprendizagem com estrutura cognitiva lógica, com a conscientização social, utilizando a temática de ciência tecnologia sociedade e ambiente. Andrade *et al.* (2021), com objetivo de identificar como as metodologias ativas estão sendo aplicadas nas instituições de ensino, fala sobre o aprendizado ativo para uma educação de qualidade, colaborativa, envolvente e motivadora. Todos estes artigos na área de ensino de ciência falam sobre a importância da metodologia ativa e de aplicar os conhecimentos à realidade do aluno o que, pela quantidade de estudos nesta área, já demonstra o quanto os professores vêem e concordam que seja de suma importância na educação. Mas sente-se uma carência de estudos aplicados em sala de aula sobre como nosso cérebro funciona enquanto aprende, sendo que somos professores na área que ensina metodologia científica, faz todo sentido tentarmos aplicar essa metodologia no nosso trabalho de ensinar.

## **2.1 Comparativo entre a escrita manual e digitação na psicologia da aprendizagem**

A visão da psicologia comportamental<sup>2</sup> de Alonso (2015), sugere que as anotações realizadas por meio do uso de teclado podem ser localizadas na escala de geração de informação, do ponto de vista da ciência da informação e do modelo de cadeia de dados-sabedoria. Em contrapartida, já a caligrafia implica um processo e de ressignificação da informação, o que resulta em conhecimento. Segundo o mesmo autor, o esforço da caligrafia apesar de ser mais cansativo, fazer suas próprias anotações sobre determinado assunto, compensa para o processo cognitivo, já que auxilia a lembrar informações, compreender e refletir sobre aquilo que foi escrito.

Para a cognição, a escrita caligráfica se diferencia do processo de digitação de forma considerável. Por meio da caligrafia poderíamos aumentar a conectividade entre regiões do cérebro, algumas das quais estão implicadas no aprendizado e na memorização (ALONSO, 2015).

Uma pesquisa publicada em 2014 por Mueller e Oppenheimer, demonstra que alunos, os quais faziam tomada de nota por meio da digitação, demonstraram um desempenho inferior

---

<sup>2</sup> O que é necessário é uma teoria do comportamento que esteja especificamente dedicada à relação entre o organismo e o ambiente. (Skinner, 1953)

em questões conceituais em comparação com alunos que tinham por hábito tomar nota das aulas de forma manual. O estudo também demonstra que os mesmos participantes quando autorizados a revisar anotações após o período de uma semana, comparando os dois grupos de participantes, os que fizeram anotações por meio de laptops, continuaram a demonstrar um desempenho inferior em testes de conteúdo e compreensão conceitual, quando comparado aos participantes que faziam suas anotações à mão.

Considerando que o uso de laptops, por exemplo, para fazer anotações gera um processamento apenas superficial, isso pode ser considerado prejudicial ao aprendizado; mesmo que a agilidade da digitação possa auxiliar a se escrever muito mais do que ao escrever de forma manual (MUELLER e OPPENHEIMER, 2014). Ao se escrever manualmente, por demandar mais tempo para a tomar nota, estamos ouvindo o que está sendo falado e, durante a transcrição, resumindo, e não tão somente copiando exatamente o que vem a ser falado; e durante esse resumo existe um processamento de informações muito maior, levando a uma melhor memorização e compreensão daquilo que o estudante está ouvindo (MUELLER e OPPENHEIMER, 2014).

Estudo publicado em 2017 por Arnold *et al.* no jornal da Associação Americana de Psicologia visava compreender os processos cognitivos envolvidos na escrita para aprender. Os autores se baseiam nas literaturas de escrita para aprender e psicologia cognitiva independentes para identificar processos cognitivos importantes. Seu experimento foi dividido em três tarefas de escrita, com maior foco nas atividades que envolveram ou não a recuperação de memória. Segundo os autores, as tarefas que envolveram recuperação de memória, como a redação por exemplo, levaram a um melhor desempenho no teste final aplicado em comparação com aquelas que fizeram apenas anotações e destaques no conteúdo aplicado.

Arnold *et al.* (2017) também cita que, comparando-se quando ocorre a construção de estruturas como representações mentais e narrativas, os participantes beneficiaram-se mais da redação e da recordação livre do que com a construção de estruturas, definidos pelos autores como construtores de estruturas menos qualificadas. Também é falado do que chamam de ‘importância de processos cognitivos adicionais’, que seriam a reorganização e elaboração necessária quando os participantes fizeram seus próprios textos e resumos. Os resultados obtidos podem ser afetados, segundo os autores, pelas instruções das tarefas e diferenças individuais que afetam os processos cognitivos dos indivíduos. Arnold *et al.* (*Idem*) afirmam que os resultados destacam a necessidade de focar nos processos cognitivos ao avaliar a escrita como ferramenta de aprendizagem. Também, considerando diferentes tarefas de escrita

em seu experimento, puderam fazer uma comparação direta de duas tarefas de escrita, as quais chamaram uma de ensaios, que seria a redação, e outra de recordação livre, onde o participante escrevia de acordo à sua lembrança e entendimento com suas palavras. Os autores afirmam que a diferença entre os processos era menos relevante do que as qualidades da escrita produzida pelos participantes. Ambos os processos, ensaios e recordação livre, são conhecidos por melhorar a memória, independentemente da instrução específica recebida.

## **2.2 Ativação neural durante o processo de escrita manual e digitada**

Estudo realizado em 2021 na universidade de Tóquio separou participantes em três grupos, um grupo devia fazer uso de caderno de papel para registro, outro grupo tablet e o terceiro grupo smartphone. A pesquisa nos leva a concluir que a tomada de notas usando o caderno de papel nos leva a processos cognitivos mais profundos e memórias mais sólidas sobre o assunto que se escreve. Durante o estudo estes participantes passaram por tarefa de recuperação de memória, os três grupos apresentaram atividade cerebral no hipocampo bilateral, região do cérebro ligada aos processos de codificação, recuperação e consolidação da memória de curto e longo prazo e memória espacial (UMEJIMA *et al.*, 2021). Os autores afirmam que a ativação do hipocampo bilateral fora maior para o grupo que usou o caderno de papel em relação aos demais grupos, enquanto as ativações cerebrais para os grupos tablet e smartphone foram semelhantes entre eles.

Durante o estudo de recuperação de memória (UMEJIMA, *et al.*; 2021) a ativação cerebral foi mensurada por meio do escaneamento por uso da ressonância magnética funcional, técnica de neuroimagem que possibilita visualizar quais áreas do cérebro estão ativas durante a execução de tarefas específicas ou até em estado de repouso (HUETTEL, *et al.*, 2008). Umejima, *et al.*; (2021) observaram diferença na ativação cerebral entre os grupos de estudo, mostrando-se que o grupo, o qual fez uso de caderno de papel, apresentou uma maior ativação em áreas do cérebro associadas à memória e à navegação espacial, incluindo o hipocampo em comparação aos grupos que usaram tablet ou smartphones. Essa maior ativação do hipocampo é associada à memória espacial utilizada no processo de escrita, codificação que ocorre quando se ouve e transcreve, resultando em maior facilidade em acessar internamente as informações memorizadas, sugerindo que facilitam um processo de codificação e recuperação de informações de modo mais eficaz, especialmente para a memória de longo prazo, quando comparadas ao uso de dispositivos digitais como tablets ou smartphones.

Umejima e colaboradores demonstram com seu estudo que em participantes que usavam o caderno de papel as ativações cerebrais relacionadas à memória, imagens visuais e linguagem se demonstraram mais intensas, durante a recuperação de informações específicas, bem como a codificação mais profunda dessas informações, em comparação aos participantes que usavam dispositivos eletrônicos. O estudo levanta a preocupação com a progressão do uso de tecnologias em substituição aos livros e cadernos de papel.

Diferenciação na atividade cerebral da escrita manual cursiva e da digitação também podem ser encontrados em estudos anteriores como de Longcamp, *et al.* (2006) e James e Atwood (2009), por exemplo. O estudo de Longcamp, *et al.* (2006) investigou a diferença entre escrever à mão e digitar no aprendizado e na ativação cerebral. Durante o estudo, adultos foram treinados para reconhecer caracteres de um alfabeto desconhecido (não faz parte da linguagem dos participantes), um grupo escrevendo à mão e outro digitando em um teclado. Como resposta perceberam que quando os caracteres eram aprendidos por escrita manual foram mais bem reconhecidos e ativaram mais fortemente regiões do cérebro ligadas à preparação e execução motora, de forma a sugerir que a escrita manual oferece benefícios cognitivos considerados superiores em comparação à digitação, quando falamos em termos de memorização e reconhecimento.

James e Atwood (2009) em sua pesquisa mostram que escrever à mão ativa regiões específicas do cérebro, incluindo o giro fusiforme esquerdo, envolvido no processamento visual, região relacionada a funções cognitivas, como o reconhecimento facial e de objetos, sendo principalmente relacionado a linguagem e processamento de leitura: “o giro fusiforme esquerdo foi mais estimulado com a escrita manual cursiva do que com o processo de digitação”. A pesquisa sugere que a escrita manual cria conexões neurais mais intensas para o reconhecimento de letras em comparação com a digitação, atribuindo este efeito à experiência motora de escrever letras à mão, o que melhora tanto o processamento visual quanto motor durante a percepção das letras. Quando os autores falam sobre o fato de a escrita manual exigir maior atividade cerebral em comparação a digitação, sugerem também que pode auxiliar na fixação das informações mais facilmente do que quando as anotações são digitadas.

Os resultados de James e Atwood (2009) destacam como a integração sensorio-motora, por meio do uso da escrita, pode desempenhar um papel crucial no desenvolvimento da especialização funcional para as letras no cérebro. Esses resultados expandem e reafirmam o trabalho anterior de James e Gauthier (2006), que demonstrava que a escrita manual reforça os programas motores associados às letras, permitindo pelo meio da

escrita manual um melhor reconhecimento visual e categorização, mesmo quando as letras aparecem em diferentes estilos de caligrafia, explorando o papel da integração sensório-motora no reconhecimento de letras, com foco em como aprender a escrever letras ajuda a formar uma representação mental mais integrada delas.

A conexão entre escrever e reconhecer letras também mostra como o aprendizado multissensorial pode ser benéfico para o desenvolvimento cerebral em tarefas envolvendo leitura e linguagem, no estudo de James e Gauthier (2006), a pesquisa demonstrava que a escrita manual ativa tanto áreas visuais quanto motoras do cérebro, como o fluxo de processamento visual ventral<sup>3</sup> e as regiões pré-motoras<sup>4</sup>, que são envolvidas tanto ao visualizar quanto ao escrever letras. As áreas do giro fusiforme, no fluxo ventral, reconhecem letras, enquanto o córtex pré-motor transforma essa percepção em ações específicas, como desenhar a letra (JAMES e PLEBANEK, 2020). Essa interação é evidente também, no estudo de Amorim, *et al.*, (2016), que analisou a neurofisiologia da escrita, para observar o que acontece no cérebro humano enquanto escrevemos, afirmando que a prática da escrita ativa regiões tanto do fluxo ventral quanto pré-motoras, fortalecendo as conexões entre percepção e ação.

O estudo de James e Engelhardt (2012), também demonstra que a região do giro fusiforme esquerdo, é mais ativada durante a escrita cursiva em comparação ao digitar, traçar ou simplesmente visualizar letras. Durante o estudo James e Engelhardt, afirmam que não só para as crianças, mas também para adultos, após a realização da escrita manual, ocorre uma maior ativação cerebral (região também do giro fusiforme esquerdo) do que quando os participantes estudavam de forma visual sem realizar anotações sobre o material. Mais uma vez os resultados sugerem que a prática da escrita à mão cria uma ativação neural mais intensa para o reconhecimento de letras, algo que outras atividades motoras, como a digitação, não parecem replicar. Com a pesquisa pode-se entender a importância de manter a escrita manual nas práticas educacionais, especialmente para crianças que estão começando a aprender a ler, mesmo que exija mais tempo e traga uma certa dificuldade para criança nessa etapa, uma vez que a escrita parece beneficiar de forma única o desenvolvimento dos sistemas neurais necessários para as habilidades de leitura e memorização.

Van der Meer e Van der Weel, publicaram em 2017 um estudo usando o eletroencefalograma (EEG) de alta densidade para explorar e analisar a atividade cerebral que

---

<sup>3</sup> Responsável por identificar e reconhecer objetos, cores, formas e faces, essencial para a compreensão e interação com o ambiente (GOODALE e MILNER 1992).

<sup>4</sup> São associados aos movimentos voluntários do corpo, coordenando atividades motoras complexas e integrando informações para guiar a execução motora (RIZZOLATTI e LUPPINO, 2001).

ocorre durante a escrita à mão em comparação com a atividade cerebral que ocorre durante a digitação, com o intuito de mapear as partes do cérebro que são ativadas ao se digitar e ao se escrever usando tablet e caneta. Com este estudo podemos entender que a escrita cursiva promove uma maior atividade cerebral, ativando redes cerebrais mais amplas e integradas, bem como envolve áreas maiores no cérebro, em comparação com a digitação em um teclado. Os autores concluem que os movimentos finos e intrincados das mãos durante a escrita, em comparação com pressionar teclas repetitivas em um teclado, pode ser mais vantajoso para o aprendizado, sugerindo que a escrita manual pode ser mais eficaz para o aprendizado e a consolidação de memória, por envolver essa ativação neural considerada mais rica, a qual inclui os sistemas visuais, motores e cognitivos, auxiliando em tarefas cognitivas mais complexas como a compreensão e a retenção de informações.

Também por EEG Van der Meer e Van der Weel, em estudo de 2024, analisaram a conectividade cerebral durante a escrita à mão ou fazendo-se uso de um teclado. Segundo os autores, durante a caligrafia os movimentos das mãos são controlados com precisão, esse controle motor fino exige que os alunos prestem maior atenção ao que estão fazendo, favorecendo de tal modo certos padrões de conectividade cerebral. Já a digitação ocorre por meio de movimentos mecânicos repetitivos os quais trocam consciência por velocidade reduzindo o estímulo cerebral demonstrado. Estes resultados sugerem que a caligrafia tem um maior benefício para o aprendizado e a lembrança, promovendo aprendizado mais profundo, trazendo benefícios cognitivos a longo prazo, sendo relevante para o desenvolvimento da memória e da retenção de informações, o que foi associado pelos padrões apresentados de conectividade cerebral em EEG (VAN DER MEER e VAN DER WEEL, 2024).

Ainda, Van der Meer e Van der Weel (2024) afirmam que a análise de imagens de EEG teriam demonstrado maior atividade na caligrafia nas regiões parietal e central do cérebro<sup>5</sup>. Mais precisamente, os autores se referem a padrões de coerência de conectividade alfa<sup>6</sup> entre hubs<sup>7</sup>, o qual se refere a ondas na frequência alfa. Segundo Solomon *et al.* (2017), padrões de conectividade das regiões parietal e central do cérebro na frequência alfa estão relacionadas com a formação da memória e codificação de novas informações, os hubs, sendo uma espécie de nós altamente conectados com sua interconexão relacionada à coordenação e integração de informações entre diferentes áreas do cérebro. Solomon *et al.* 2017, em seus

---

<sup>5</sup> Trabalham juntas para transformar estímulos sensoriais em ações motoras, integrando percepção e movimento (Mazzasette, *et al.* 2021).

<sup>6</sup> Interações entre regiões do cérebro que se comunicam predominantemente no intervalo de frequência alfa (8-12 Hz) (Belardielli, *et al.*, 2022).

<sup>7</sup> Regiões altamente interconectadas e críticas para a integração e disseminação de informações no cérebro (Belardielli, *et al.*, 2022).

estudos demonstram a relação de áreas do cérebro com a cognição em quase 300 pacientes neurocirúrgicos equipados com eletrodos de demora cerebrais, estes são utilizados em procedimentos de monitoramento prolongado da atividade elétrica cerebral, como em exames de eletroencefalograma (EEG) de longa duração, esses eletrodos são colocados no couro cabeludo ou diretamente no cérebro para registrar a atividade elétrica cerebral durante um período estendido.

### **2.3 Importância da escrita na aprendizagem**

Criada em 1956 por Benjamin Bloom e revisada posteriormente em 2001 por Anderson, Krathwohl e Airasian, a taxonomia de Bloom divide os processos cognitivos em seis níveis, do mais simples ao mais complexo, cada nível representando um grau crescente de profundidade e sofisticação no aprendizado. Neste contexto, o lembrar como primeiro nível da taxonomia revisada (2001) ou o conhecimento na taxonomia original (1956), seria o primeiro degrau para levar o aluno a uma aprendizagem sólida, compreendendo os seis níveis, 1-Lembrar, 2-Compreender, 3-Aplicar, 4-Analisar, 5-Avaliar e 6-Criar. Segundo texto de Ferraz e Belhot, 2010 a definição de conhecimento na taxonomia seria:

Habilidade de lembrar informações e conteúdos previamente abordados como fatos, datas, palavras, teorias, métodos, classificações, lugares, regras, critérios, procedimentos etc. A habilidade pode envolver lembrar uma significativa quantidade de informação ou fatos específicos. O objetivo principal desta categoria nível é trazer à consciência esses conhecimentos. (FERRAZ e BELHOT, 2010).

Não estamos tentando definir que aprender se delimita em memorizar, mas que lembrar fatos, datas e conceitos é imprescindível para desenvolver outros níveis de aprendizagem: compreender, aplicar, analisar, avaliar e criar só se torna possível se inicialmente lembramos de conceitos, e lembrar está ligado a memorizar. No trabalho de Umejima, *et al.* (2021) sobre recuperação de memória, vemos o quanto a escrita manual pode ser mais eficaz e auxiliar o processo de recuperação quando comparado a digitação. Ou seja, se a primeira etapa de aprendizagem segundo Bloom, a mais simples não for eficaz, isto vai impactar o processo de ensino de modo a dificultar que o aluno atinja as outras etapas de compreensão, aplicação chegando a criação (sexto nível) de forma desejável para uma aprendizagem sólida e duradoura.

Fears e Lockman (2018) em seu estudo de como a caligrafia inicial é influenciada pelo conhecimento das letras, relacionando a coordenação visual-motora durante a cópia de

formulários por crianças de diferentes idades, concluíram que as crianças mais novas precisavam de mais tempo para processar visualmente uma letra ou símbolo e iniciar uma ação de escrita em comparação com crianças mais velhas, isso ocorre apesar de crianças de todas as idades escreverem letras em um período de tempo semelhante. As análises também revelaram que as crianças copiaram letras familiares com maior eficiência do que letras e símbolos desconhecidos: elas passaram mais tempo e fizeram mais fixações visuais nos símbolos desconhecidos em comparação com as letras inglesas durante a tarefa de cópia. Os resultados são considerados em relação a como o reconhecimento de letras influencia o desenvolvimento da automaticidade na caligrafia inicial. Com esse estudo entendemos que a dificuldade imposta pela caligrafia só existe enquanto esta é algo novo a ser aprendido pelo aluno, o que pode ser explicado pelos estudos de Longcamp, *et al.* (2006), Van der Meer e Van der Weel (2017 e 2024), Umejima, *et al.* (2021), James e Engelhardt (2012), entre outros citados anteriormente, os quais falam sobre a intensa atividade cerebral proporcionada durante a escrita cursiva em relação à digitação, ou seja, a caligrafia exige mais do nosso cérebro e continua a estimulá-lo, mesmo quando a habilidade foi já adquirida.

Hultin e Westman (2013) em estudo de como a digitalização afeta as práticas de *alfabetização precoce* (grifo nosso) em termos de ensino de alfabetização concluem que quando as crianças fazem uso de ferramentas de escrita digital, conseguem fazer textos mais longos e também usam uma gama mais ampla de gêneros de alfabetização, permitindo que eles se expressassem por escrito mais cedo, o que podemos associar que possa ser dado pela menor exigência cognitiva exigida durante a digitação, o que pode indicar que a assimilação de cognitiva seja menor.

Catronas, *et al.* (2022) em seu estudo sobre os efeitos da prática de caligrafia nas habilidades de alfabetização em crianças demonstram que a escrita caligráfica nesse estágio da aprendizagem pode ser um empecilho para as crianças durante a alfabetização, já que segundo os autores para o processamento semântico em época de alfabetização a caligrafia demonstrou efeitos prejudiciais, o que segundo os mesmos pode ser explicado pela alta carga cognitiva imposta pela ação motora necessária à caligrafia. O estudo conclui que, apesar da prática de escrita manual poder beneficiar o reconhecimento visual, ela não mostra os mesmos benefícios em outras áreas de aprendizagem da leitura e escrita, como associações entre letras e sons, sequenciamento e processamento semântico, durante a alfabetização de crianças.

Uma associação simples seria comparar quando estamos aprendendo a dirigir, a concentração necessária para a troca de marcha não nos permite ter a tranquilidade de dirigir observando a paisagem e o entorno com facilidade, após um certo tempo dirigindo um carro

manual o processo de troca de marcha vai se tornando algo automatizado, não precisamos mais pensar qual pedal pisar, qual parar de pisar, qual a marcha em que estamos, para qual deveríamos trocar e qual sua posição, essa automatização nos permitindo uma maior atenção ao entorno, placas, pedestres manter uma conversa com o passageiro, algo que parecia quase impossível no início.

De mesmo modo em processo de alfabetização a criança precisa lembrar qual a letra através do som emitido, quais conjuntos de letras muitas vezes, trazendo uma maior dificuldade em entender o significado daquilo que estão tentando escrever, pois está gastando muita energia para lembrar qual letra ou conjunto de letras emite aquele som, quais os formatos destas letras, qual a ordem para a escrita da palavra que deseja. Tão logo este estudo não pode ser usado de parâmetro quando aplicamos a estudantes já alfabetizados que já não precisam mais pensar no formato da letra A, ou B pois já terminaram seu processo de alfabetização. Neste último caso e como vínhamos discutindo até aqui, a escrita manual torna-se, inversamente, um aliado do aprendizado, pelas razões que elencamos acima.

#### **2.4 Importância da escrita na aprendizagem de conceitos químicos**

Segundo a neurologista e professora Judy Willis (2011), quando se considera o aprendizado lógico da matemática e ciências em geral, a escrita pode trazer muitas vantagens. Pensando na sala de aula, pelo texto de Willis (2011), podemos entender que a escrita contribui para que nosso cérebro desenvolva as funções lógicas necessárias para o aprendizado de matemática, química e física por exemplo, não ficando restrito só a melhora da fixação de conceitos, podendo a prática da escrita, melhorar desde a recepção, processamento, retenção de informações quanto a recuperação das mesmas pelo cérebro (UMEJIMA, *et al.*, 2021). Willis também salienta que ao escrever, os alunos podem aumentar seu conforto e sucesso na compreensão de assuntos complexos como conceitos desconhecidos e vocabulário específico de um determinado assunto, o que pode ser muito útil na aprendizagem da química, já que muitos termos oferecem certa dificuldade de compreensão e evocam linguagem específica.

Segundo Muller e Oppenheimer (2014), durante a escrita o aluno pode ativar o conhecimento prévio para vincular este as novas informações obtidas durante uma aula. Isso é de grande valia em uma aula experimental, por exemplo, assim como a escrita. Ainda, desenhar esquemas vinculados com os conteúdos podem auxiliar o estudante, por serem adicionados a padrões visíveis e mentais quando os alunos escrevem e fazem comparações,

levando o aprendizado ao nível da compreensão ou mesmo a habilidades superiores e assim o aprendizado não se retém só ao nível de lembrar conceitos, mas realiza uma espécie de ramificação do conhecimento; o que chegamos a conclusão pelos estudos citados que, quando realizado por meio de tablet e/ou notebooks pode não possuir o mesmo efeito sobre o cérebro do estudante.

Considerando que no ensino médio, por necessidades da aprendizagem, o aprendizado do aluno ainda tende a ser bastante guiado pelo professor, é nessa fase muito importante que se ensine o aluno a aprender. Podemos dizer que se trata da realização do sétimo nível<sup>8</sup> da Taxonomia de Bloom<sup>9</sup>, muito além da memória, compreensão, aplicação, análise, e síntese dos conhecimentos sobre os conteúdos da química, o que favorece que o aluno aprenda qual a melhor maneira de estudar para sua aprendizagem e fixação. Claro que os aprendizados relacionados à química devem ser o foco principal das aulas, já que a química nos leva a entender muitos fatos importantes do cotidiano e também o exercício específico das profissões relacionadas a ela, tanto em nível técnico, como superior.

Nessa linha de pensamento, solicitar relatórios manuscritos durante o ensino médio pode ser uma maneira de ensinar esses alunos a criar um hábito que será primordial para sua autonomia no futuro, quando esse aluno não tiver mais um professor do lado guiando-o e cobrando-lhe cópias, tomada de nota; pois a escrita não será mais parte da avaliação como muitas vezes acontece no ensino médio, mas sim seu auxiliar para seu melhor desempenho quando houver uma avaliação propriamente dita.

---

<sup>8</sup> Se refere a metacognição, processo pelo qual o estudante desenvolve consciência sobre suas próprias técnicas de estudo e como utilizá-las melhor (Ferraz e Belhot, 2010).

<sup>9</sup> Classificação por níveis das habilidades cognitivas em seis níveis. Originalmente em 1956; conhecimento, compreensão, aplicação, análise, síntese e avaliação, na revisão em 2001; lembrar, compreender, aplicar, analisar, avaliar e criar, o sétimo nível seria incluir a metacognição (Ferraz e Belhot, 2010).

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa é de natureza aplicada, pois envolve, no plano dedutivo, implementar uma prática com base em uma teoria em desenvolvimento para, com isso, gerar conhecimentos que podem ser aplicados posteriormente na solução de problemas.

Trata-se também, quanto à abordagem, de uma pesquisa qualitativa, pois busca captar visões, impressões, conclusões e avaliações dos participantes, para fins de descrição científica.

Quanto aos objetivos, trata-se de uma pesquisa exploratória, que busca tornar a questão mais clara e aplicar, em outro nível de fenômenos, conhecimentos que se mostraram evidentes em níveis mais elementares.

Por fim, quanto aos procedimentos, trata-se de uma pesquisa fenomenológica, uma vez que o fenômeno será observado nos alunos, sobre o qual se fará análise, crítica e reflexão.

No que diz respeito à amostra, a pesquisa avaliou, dentro dos parâmetros definidos para ela, um grupo de alunos do primeiro ano do ensino médio da Escola Guilherme Exner. Essa amostra reúne um público mais ou menos padrão para escolas de ensino médio da microrregião de Canela e Gramado, mas que poderia estender-se ainda para estudantes do Vale do Caí e outras regiões da Serra Gaúcha, por questões socioeconômicas e culturais.

Do ponto de vista dos procedimentos operacionais, a aplicação do presente trabalho foi realizada em duas turmas do primeiro ano do ensino médio, uma com 13 alunos e outra com 15. Anteriormente ao questionário de avaliação, os alunos tiveram três aulas sobre o conteúdo, sequência didática das aulas no **anexo 1**, incluindo uma prática com entrega de relatórios, diferenciando-se apenas pelo fato de parte dos alunos ter realizado os relatórios digitados e a outra parte, manuscritos. Os relatórios foram individuais, para evitar incoerências, como um aluno realizar uma parte e outro, outra, o que invalidaria a avaliação.

Os relatórios continham um questionário com dez perguntas a serem respondidas, aula 3 da sequência didática do **anexo 1**, algumas sobre a teoria apresentada nas aulas e outras sobre as observações realizadas durante a prática, bem como os motivos das ocorrências observadas.

A avaliação individual foi feita por meio de um questionário semelhante ao relatório, **anexo 2**, com algumas alterações nas substâncias utilizadas, para analisar se houve entendimento por parte dos alunos. Contudo, parte do questionário manteve-se idêntica ao relatório para avaliar a fixação do tema. Com a avaliação, pretendeu-se comparar se em sala

se observaria uma diferença no desempenho entre os alunos que realizaram o relatório manuscrito e os que o fizeram digitado, em termos de retenção de conhecimento.

Inicialmente, planejou-se realizar a mesma atividade, mas invertendo as turmas em que seria solicitada a entrega de relatórios manuscritos e digitados, para conseguir uma percepção mais precisa do impacto de descrever o conteúdo manualmente ou digitalmente no desempenho e na fixação do tema. No entanto, a demanda de tempo não possibilitou a realização de mais de uma aplicação para este trabalho.

Os resultados do estudo podem fornecer auxílio a professores e instituições de ensino no que diz respeito a métodos mais eficazes para o ensino de química, pois busca promover maior participação e autonomia do aluno, com atividades práticas, mas destacando que a melhor fixação dos conteúdos ocorre por meio de anotações realizadas manualmente e individualmente pelo estudante. Dessa forma, propõe-se um equilíbrio entre atividades práticas e momentos mais fatigantes e pouco estimulantes do processo de aprendizagem. Ao investigar se escrever à mão resulta em melhor desempenho acadêmico, o estudo pode informar práticas pedagógicas e estratégias de ensino que maximizem o aprendizado do aluno, além de orientar práticas educacionais relacionadas ao uso de tecnologia em sala de aula.

Mesmo que já existam vários estudos sobre os benefícios da escrita manual, ainda há espaço para explorar o assunto, como diferenças entre disciplinas ou contextos de ensino específicos, neste caso aplicando-se ao ensino de química, uma disciplina muitas vezes bastante conceitual, que exige que o aluno memorize conteúdos para, posteriormente, compreender e aplicar os conceitos aprendidos.

A discussão sobre as melhores práticas de estudo e aprendizado é essencial para otimizar o desempenho acadêmico dos estudantes. Este trabalho pode contribuir para preencher essas lacunas e ampliar o conhecimento sobre o tema

#### 4. ANÁLISE DE DADOS

Para a análise dos dados, não citaremos o nome dos alunos nem as turmas. Os 28 alunos foram divididos em dois grupos: "d", referente aos relatórios digitados, e "m", referente aos relatórios manuscritos. Cada grupo foi identificado por números de 1 a 14, sendo que 14 alunos entregaram os relatórios manuscritos, identificados como 1m a 14m, e 14 alunos entregaram os relatórios digitados e impressos, identificados como 1d a 14d. Nos casos em que aparece o símbolo "-", significa que o aluno não realizou ou não entregou a atividade até a data da realização desta análise.

Abaixo, apresentamos a relação de notas obtidas nos relatórios e na avaliação posterior, conforme demonstrado na Tabela 1.

**Tabela 1** - Notas em relação ao modelo de relatório Digitado

| Aluno | Nota no relatório | Nota na Avaliação |
|-------|-------------------|-------------------|
| 1d    | 10                | 10                |
| 2d    | 10                | 8,25              |
| 3d    | 9,2               | 8,75              |
| 4d    | 9,2               | 5                 |
| 5d    | 9,2               | 7,5               |
| 6d    | 9,3               | 9,25              |
| 7d    | 9,3               | 7,5               |
| 8d    | 10                | 6,25              |
| 9d    | 8,8               | 9,5               |
| 10d   | 8,2               | 9,5               |
| 11d   | -                 | 4,5               |
| 12d   | 10                | 8,75              |
| 13d   | 10                | 4,5               |
| 14d   | -                 | -                 |
| Média | 9,45              | 7,65              |

A média geral dos alunos que entregaram o relatório de forma digitada foi de 9,45 nos relatórios e 7,65 na avaliação sem consulta, considerando um total de 10. Nosso principal interesse foi na nota obtida durante a avaliação, mas é importante destacar que os relatórios estavam muito bem elaborados, o que pode ser uma variável relevante. Observamos que,

embora cinco alunos tenham obtido nota máxima no relatório, apenas um acertou todas as questões da avaliação. Além disso, dois alunos apresentaram notas superiores na avaliação escrita em comparação ao relatório entregue.

Também foi observado que, no geral, as questões que os alunos erraram e acertaram foram semelhantes entre cada grupo distinto. Além disso, foi possível associar isso a questões descritivas, nas quais os alunos deveriam explicar, por meio de suas próprias palavras, o conteúdo abordado. No entanto, muitos utilizaram conceitos e termos diferentes dos empregados durante as aulas, o que pode ser um indicativo de que tais respostas foram elaboradas com o auxílio de ferramentas de pesquisa, e não a partir do conhecimento adquirido durante as aulas de química ou da própria assimilação dos conteúdos pelos alunos.

Os alunos que elaboraram seus relatórios manualmente, em sua maioria, também foram aqueles que obtiveram maior êxito em questões que exigiam a aplicação do conhecimento, como a classificação de substâncias diferentes das utilizadas na prática experimental. Isso demonstra não apenas uma melhor memorização, mas também uma maior assimilação do conteúdo.

A relação entre as notas obtidas pelos alunos nos relatórios manuscritos e dos mesmos na avaliação individual segue abaixo na Tabela 2.

**Tabela 2** - Notas em relação ao modelo de relatório Manuscrito

| Aluno | Nota no relatório | Nota na Avaliação |
|-------|-------------------|-------------------|
| 1m    | 10                | 10                |
| 2m    | 10                | 10                |
| 3m    | 10                | 10                |
| 4m    | 9,2               | 7,5               |
| 5m    | 4                 | 7,5               |
| 6m    | 10                | 10                |
| 7m    | 9,3               | 10                |
| 8m    | 9,3               | 9,5               |
| 9m    | 8,2               | 8,75              |
| 10m   | 10                | 8,75              |
| 11m   | 10                | 10                |
| 12m   | 10                | 7                 |

| Aluno | Nota no relatório | Nota na Avaliação |
|-------|-------------------|-------------------|
| 13m   | -                 | 4,5               |
| 14m   | 8,5               | 5,75              |
| média | 9,11              | 8,52              |

A média geral dos alunos que realizaram a entrega do relatório manuscrito foi de 9,11 nos relatórios. Observou-se que algumas respostas estavam menos completas. Em contrapartida, na avaliação sem consulta, os mesmos alunos obtiveram quase um ponto a mais em comparação com seus colegas que entregaram o relatório digitado, alcançando uma média geral de 8,5, de um total de 10. Novamente, nosso interesse foi na nota obtida durante a avaliação individual, mas é interessante considerar que os relatórios digitados estavam até mais completos e obtiveram uma melhor avaliação geral.

Por meio da Tabela 2, é possível observar que, de um total de alunos, 6 obtiveram nota máxima na avaliação escrita, sendo que 3 apresentaram notas superiores na avaliação em relação aos seus relatórios. Isso demonstra que, apesar de alguns relatórios não estarem tão bem elaborados, houve fixação e compreensão do conteúdo por parte dos estudantes. Entre os 6 alunos que alcançaram nota máxima na avaliação, 5 também tiraram nota máxima em seus relatórios.

Descrevendo os relatórios manuscritos realizados pelos alunos, estes eram, em sua maior parte, menos extensos em comparação com os relatórios digitados. Contudo, apesar de mais enxutos, apresentavam maior objetividade em relação ao que foi solicitado no questionário. Além disso, foi observado que a maior parte dos relatórios utilizava termos coerentes com os trabalhados durante as aulas, e as descrições estavam alinhadas com o entendimento esperado dos alunos acerca do conteúdo abordado ao longo das aulas.

O questionário do relatório era composto por dez questões, sendo considerado o mesmo peso para cada uma delas. Como algumas questões incluíam tabelas a serem preenchidas e outras questões descritivas estavam parcialmente corretas, as notas acabaram variando. Observou-se que, em termos de média geral, os relatórios digitados obtiveram uma maior média. No entanto, os relatórios manuscritos tiveram mais alunos com nota máxima (7 de 14) em comparação com os relatórios digitados (5 de 14).

Os alunos que fizeram seu relatório de forma digitada apresentaram, em parte, uma maior quantidade de conteúdo. Contudo, parte do que foi escrito não correspondia a conceitos e detalhes discutidos em aula. Isso pode ser associado à menor exigência cognitiva da digitação,

o que, segundo Hultin e Westman (2013), está relacionado a uma menor atividade cerebral durante a digitação. Conforme observado nos estudos de James e Engelhardt (2012), isso pode resultar em textos com tendência a serem mais longos e utilizarem uma maior variedade de definições dos conceitos solicitados, sem demonstrar uma compreensão plena do que o aluno está aprendendo.

Como esperado, os alunos que fizeram seus relatórios manuscritos, na média geral, apresentaram um desempenho superior. Isso pode ser associado tanto a uma melhor recuperação de memória, conforme citado no estudo de Umejima, *et al.* (2021), quanto a uma maior eficácia na retenção de informações e compreensão, em comparação à digitação, como destacado nos estudos de Mueller e Oppenheimer (2014).

Nesse contexto, podemos citar também o fator da eficácia de o aluno escrever um relatório com suas próprias palavras, o que foi observado nos relatórios manuscritos. Apesar de mais curtos, esses relatórios eram mais objetivos. A simplificação da linguagem pode ter auxiliado na maior memorização e compreensão, diferentemente dos relatórios digitados, mais longos e com uma linguagem mais distante da atual compreensão do aluno, demonstrando, talvez, maior cópia do que síntese do conhecimento obtido. Mueller e Oppenheimer (2014) afirmam que, ao escrever manualmente, os alunos têm uma maior tendência a sintetizar informações, em vez de transcrevê-las literalmente, como normalmente ocorre ao digitar. Esse fator auxilia a promover um processamento mais profundo dos conteúdos, sendo associado à melhora na compreensão e na retenção de informações a longo prazo.

O melhor desempenho na prova dos alunos que realizaram seus relatórios manuscritos pode também estar relacionado à maior ativação de algumas áreas do cérebro, vinculadas à memória e à linguagem, conforme explicado por James e Engelhardt (2012). Esse fator pode ser associado ao melhor desempenho geral dos estudantes que participaram deste estudo, demonstrando que escrever de forma manual pode ser uma maneira mais eficaz de aprendizado do que utilizando a digitação, como também afirmam James e Engelhardt (2012).

No contexto da educação, podemos nos embasar nos estudos de Amorim *et al.* (2016), que comparam os benefícios da escrita manual com a digitação. Amorim *et al.* (2016) argumenta, com base neurocientífica, que a escrita manual promove maior engajamento neural do que a digitação e pode ser mais eficaz em certas situações de aprendizado.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Constatamos que, quando o aluno realiza a escrita manual, ele também faz sua síntese e análise do conteúdo, enquanto a digitação frequentemente leva a uma transcrição literal e desconexa com o momento de aprendizagem em que o aluno se encontra. Isso acaba resultando em um aprendizado mais passivo no caso da digitação e mais ativo, com melhor processamento de informações, no caso da escrita manual, promovendo melhor retenção das informações e compreensão quando exigido que os alunos apliquem o que entenderam.

Este trabalho reforça a ideia de que a escrita manual fortalece a memória e a compreensão, apontando para uma vantagem cognitiva da escrita manual, particularmente em tarefas que exigem retenção e aprendizado de longo prazo de conceitos químicos.

Os resultados indicam que os relatórios manuscritos proporcionaram maior engajamento cognitivo, contribuindo para uma maior fixação das atividades realizadas, enquanto os relatórios digitados demonstraram uma tendência a um aprendizado mais superficial, frequentemente focado na transcrição de informações sem reflexão crítica ou síntese do conteúdo.

A dificuldade com o cronograma da escola e várias atividades atrasando o conteúdo não possibilitaram mais do que uma única aplicação, o que acabou por um baixo volume de dados, o que inviabilizou a aplicação de testes estatísticos. Contudo, essa aplicação foi composta por aulas teóricas sobre os conteúdos, uma aula prática sobre os mesmos, com entrega de relatórios feitos pelos alunos, e uma posterior avaliação. Isso acabou por demandar um grande tempo para a execução das atividades. Contudo, não houve prejuízo aos estudantes.

Os fatos sugerem que a menor exigência cognitiva da digitação pode ser útil em tarefas rápidas ou de registro básico, mas pode não ser ideal para processos que demandam aprendizado profundo e retenção das informações a longo prazo. Embora os dispositivos tecnológicos ofereçam conveniência, facilitando alguns momentos do processo educacional, como realizar pesquisas durante uma abordagem mais ativa, é necessário avaliar se eles estão auxiliando ou prejudicando a aquisição de conhecimentos em longo prazo.

Com o aumento do uso de dispositivos eletrônicos em ambientes educacionais, como a substituição do quadro negro (ou branco) por quadros interativos e das bibliotecas físicas pelas on-line, por exemplo, entender os impactos dessas mudanças se torna algo de crucial importância para garantir que o processo de aprendizagem ocorra sem prejuízos para o aluno.

Desse modo, a implementação de relatórios manuscritos em aulas práticas, particularmente no contexto do ensino médio e em disciplinas como química, pode ser uma estratégia

pedagógica eficaz para aprimorar a aprendizagem e a retenção de informações. No entanto, é importante considerar o equilíbrio entre o uso das duas abordagens, possibilitando que o aluno também aprenda com ambas as técnicas, integrando-as de forma complementar para atender a diferentes necessidades educacionais e contextos tecnológicos, visto que não podemos abrir mão por completo do uso da tecnologia no processo de ensino e aprendizagem.

## REFERÊNCIAS

- ALONSO, M. A. P. Metacognição e componentes sensório-motores subjacentes ao processo de escrita manual e teclado e seu impacto na aprendizagem: uma análise sob a perspectiva da psicologia corporal. *Procedia Soc.* 176, 263–269. DOI: 10.1016/j.sbspro.2015.01.470 Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042815005078> Acesso em: 4 jul. 2024.
- AMORIM, W. W.;CAVALCANTE, C. D.; ICUTA, V. V.; SAMPAIO, N. F. S.; TEMPONI, C. N.; ZAMILUTE, I. A. G. Neurofisiologia da escrita: O que acontece no cérebro humano quando escrevemos? *Revista Neuropsicologia Latinoamericana* ISSN 2075-9479 Vol 8. No. 1. 2016, 01-11. DOI: 10.5579/rnl.2016.0260.
- ANDRADE, M. D.; CAMPOS, A. C.; MARQUES, H. R.; ZAMBALDE, A. L. Inovação no ensino: uma revisão sistemática das metodologias ativas de ensino-aprendizagem <https://doi.org/10.1590/S1414-40772021000300005> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aval/a/C9khps4n4BnGj6ZWkZvBk9z/#> Acesso em: 11 de nov. 2024.
- ARNOLD, K. M., UMANATH, S., THIO, K., REILLY, W. B., MCDANIEL, M. A. E MARSCH, E. J. (2017). Compreender os processos cognitivos envolvidos na escrita para aprender. *J. Exp. Psicol. Appl.* 23, 115–127. DOI: 10.1037/xap0000119
- ASKVIK, E. O., VAN DER WEEL, F. R. E VAN DER MEER, A. L. H. (2020). A importância da caligrafia cursiva sobre a datilografia para o aprendizado em sala de aula. *Frente. Psicol.* 11:1810. DOI: 10.3389/fp-syg.2020.01810 Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2020.01810/full> Acesso em: 05 no. 2024
- BARROSO, M. C. S. *et al.* - Os desafios no ensino da química no ensino médio - VI CONEDU Disponível em: [https://editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2019/TRABALHO\\_EV127\\_MD1\\_SA16\\_ID4246\\_25082019161352.pdf](https://editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2019/TRABALHO_EV127_MD1_SA16_ID4246_25082019161352.pdf) Acesso em: 05 jul. 2024.
- BARROSO, M. C. S.; GIFFONI, J. S.; SAMPAIO, C. G. Aprendizagem significativa de química: a importância de metodologias ativas. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia* (RBECT), 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i6.3416>.

BATISTA, R. F. M.; SILVA, C. C. A abordagem histórico-investigativa no ensino de Ciências. *Estud. av.* 32 (94) • Sep-Dec 2018 • <https://doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0008>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/7ZbhwnLJDXrwrN7n98DBcLB/#>. Acesso em: 11 nov. 2024.

BELHOT, R. V.; FERRAZ, A. P. C. M. - Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais - *Gest. Prod., São Carlos*, v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/bRkFgcJqbGCDp3HjQqFdqBm/?format=pdf> Acesso em: 9 jul. 2024.

BELARDINELLI, B.; BRANCACCIO, A.; TABARELLI, D.; ZRENNER, C. Functional Connectivity States of Alpha Rhythm Sources in the Human Cortex at Rest: Implications for Real-Time Brain State Dependent EEG-TMS. *Brain Sciences*. 2022; 12(3):348. <https://doi.org/10.3390/brainsci12030348>

BERTON, Alessandra Novais Bassetto. A didática no ensino de química. *SOCIESC* Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/421588282/Didatica-no-ensino-de-quimica> Acesso em: 8 jul. 2024.

CATRONAS, D.; GOMES, R.; SILVA, S. -The effects of handwriting practice on literacy skills beyond visual graph recognition: A systematic review - *Center for Psychology at University of Porto*.

CATARINO, G. F. C. FLORE, E.; RODRIGUES, V.C.K.; VASCONCELOS, R. F. R. V. - Perspectivas atuais em ensino de química: obstáculos e possibilidades - *RECM Revista de Educação, Ciências e Matemática* v.8 n.3 2018.

FEARS, N. E.; LOCKMAN, J. J. (2018). How beginning handwriting is influenced by letter knowledge: visual-motor coordination during children's form copying. *J. Exp. Child Psychol.* 171, 55–70. doi: 10.1016/j.jecp.2018.01.017.

FONSECA, V. Desenvolvimento Psicomotor e Aprendizagem. Congreso Internacional Educación infantil y desarrollo de competencias. *Associação Mundial de Educadores Infantis (AMEI-WAECE)*, Madrid, 2008. Disponível em: <https://pedagogiaparaconcurseiros.com.br/wp-content/uploads/2018/08/“Desenvolvimento-Psicomotor-e-Aprendizagem”.pdf> Acesso em: 18 nov. 2024.

GOODALEM, A.; MILDNER, A. D. Separate visual pathways for perception and action. *Trends Neurosci.* 1992 Jan;15(1):20-5. doi: 10.1016/0166-2236(92)90344-8. PMID: 1374953.

GUIMARÃES, C. C. Experimentação no ensino de química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 3, p. 198-202, 2009. Disponível em: [http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31\\_3/08-RSA-4107.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31_3/08-RSA-4107.pdf) Acesso em: 7 jun. 2024.

HENNEMANN, A. L. O ato de escrever à mão é um exercício para o cérebro. *Delírios sobre educação*, 2012. Disponível em: <https://neuropsicopedagogianasaladeaula.blogspot.com/2012/10/o-ato-de-escrever-mao-e-um-exercicio.html> Acesso em: 26 jun. 2024.

HUETTEL, Scott A.; SONG, Allen W.; McCARTHY, Gregory. *Functional Magnetic Resonance Imaging*. 2. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2008.

HULTIN, E.; WESTMAN, M. (2013). Early literacy practices go digital. *Lit. Inf. Comput. Educ. J.* 4, 1096–1104. doi: 10.20533/licej.2040.2589.2013.0145 Disponível em: <https://infonomics-society.org/wp-content/uploads/licej/published-papers/volume-4-2013/Early-Literacy-Practices-go-Digital.pdf> Acesso em 06 nov. 2024.

JAMES KH. Sensori-motor experience leads to changes in visual processing in the developing brain. *Developmental Science* 2010;13:279–88.

JAMES, K. H. (2017) The Importance of Handwriting Experience on the Development of the Literate Brain. DOI: 10.1177/0963721417709821 Disponível em: [https://earbmc.sitohost.iu.edu/pubs/James\\_aps\\_2017.pdf](https://earbmc.sitohost.iu.edu/pubs/James_aps_2017.pdf) Acesso em: 20 nov. 2024.

JAMES, K.H.; ATWOOD, T.P. (2009). The role of sensorimotor learning in the perception of letter-like forms: tracking the causes of neural specialization for letters. *Cognitive Neuropsychology* 2009, 26(1), 91-110

JAMES, K.H.; ENGELHARDT, L. (2012). The effects of handwriting experience on functional brain development in pre- literate children. *Trends in Neuroscience and Education*, Vol. 1(1), 2012-12-01, 32-42.

JAMES KH.; GAUTHIER I. Letter processing automatically recruits a sensory motor brain network. *Neuropsychologia* Vol. 44, 2006, Pg. 2937-49.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.06.026>

JAMES TW, JAMES KH. (2012) Expert individuation of objects increases activation in the fusiform face area of children. *NeuroImage*, in press. DOI: [10.1016/j.neuroimage.2012.11.007](https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.11.007)

KIEFER, M., SCHULER, S., MAYER, C., TRUMPP, N. M., HILLE, K. E SACHSE, S. (2015). Caligrafia ou datilografia? A influência do treinamento de escrita baseado em caneta ou teclado no desempenho de leitura e escrita em crianças em idade pré-escolar. *Adv.Cogn. Psicol.* 11, 136–146. DOI: 10.5709/acp-0178-7

LONGCAMP, M., BOUCARD, C., GILHODES, J. C., AND VELAY, J. L. (2006). Remembering the orientation of newly learned characters depends on the associated writing knowledge: a comparison between handwriting and typing. *Hum. Mov. Sci.* 25, 646–656. doi: 10.1016/j.humov.2006.07.007

LONGCAMP, M, ANTON, J.L., ROTH, M., & VELAY J.L. (2003) A apresentação visual de letras isoladas ativa uma área pré-motora envolvida na escrita. *NeuroImagem Vol.19 (4):1492-1500*. doi: 10.1016/s1053-8119(03)00088-0

LOPES, J. T.; FERREIRA, M. S. A importância do laboratório de química no ensino médio: Um estudo com professores da rede pública. *Química Nova na Escola*, vol. 34 n. 2, p. 80-85. Disponível em: [qnesc.sbq.org.br/online/qnesc38\\_2/QNESC\\_34-2.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc38_2/QNESC_34-2.pdf) Acesso em: 5 jul. 2024.

LUPPINO, G.; RIZZOLATTI, G. The cortical motor system. *Neuron*. 2001 Sep 27;31(6):889-901. doi: 10.1016/s0896-6273(01)00423-8. PMID: 11580891.

MAZZASSETTE, C.; MENEFE, W.; JENKS, J.; NGUYEN, K.-L. (2021, May 17). Somatic Motor Responses. *ASCCC Open Educational Resources Initiative*.  
<https://med.libretexts.org/@go/page/22345> Disponível em:  
[https://med.libretexts.org/Bookshelves/Anatomy\\_and\\_Physiology/Human\\_Anatomy\\_\(OERI\)/13%3A\\_Somatic\\_Senses\\_Integration\\_and\\_Motor\\_Responses/13.05%3A\\_Somatic\\_Motor\\_Responses](https://med.libretexts.org/Bookshelves/Anatomy_and_Physiology/Human_Anatomy_(OERI)/13%3A_Somatic_Senses_Integration_and_Motor_Responses/13.05%3A_Somatic_Motor_Responses) Acesso em: 18 nov. 2024.

MENESES, F.; NUÑES, I. Erros e dificuldades de aprendizagem de estudantes do ensino médio na interpretação da reação química como um sistema complexo. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/dh6JQtXfHZtHm7Trzq7TCfF/?lang=pt#> Acesso em: 4 jul. 2024.

\_\_\_\_MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO - Base Nacional Comum Curricular BNCC, Ensino Médio. Disponível em: <portal.mec.gov.br/docman/abril-2018-pdf/85121-bncc-ensino-medio/file> Acesso em: 12 nov. 2024.

MUELLER, P. A.; OPPENHEIMER, D. M. The Pen Is Mightier Than the Keyboard: Advantages of Longhand Over Laptop Note Taking. *Psychol Sci.* 2014. DOI: 10.1177/0956797614524581. Disponível em: <https://blogs.adams.edu/stephanie-hilwig/files/2015/01/Technology-in-the-Classroom.pdf> Acesso em: 26 jun. 2024.

SOLOMON, E. A., KRAGEL, J. E., SPERLING, M. R., SHARAN, A., WORRELL, G., KUCEWICZ, M. (2017). Widespread theta synchrony and high-frequency desynchronization underlies enhanced cognition. *Nat. Commun.* 8:1704. doi: 10.1038/s41467-017-01763-2 Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41467-017-01763-2> Acesso em: 05 nov. 2024.

SOUSA, R. P., MIOTA, F. M. C. S. C.; CARVALHO, A. B. G., orgs. Tecnologias digitais na educação [online]. *Campina Grande: EDUEPB, 2011. 276 p. ISBN 978-85-7879-065-3. A tecnologia e o ensino de química: jogos digitais como interface metodológica.*

SQUIRE, Larry R.; ZOLA-MORGAN, Stuart. The medial temporal lobe memory system. *Science*, v. 253, n. 5026, pg. 1380-1386, 1991.

THOMPSON, R. Desenvolvimento Psicomotor e Aprendizagem. In: FERREIRA, C. A. (Org.). *Psicomotricidade da Educação Infantil à Gerontologia: Teoria e Prática. São Paulo: Lovise, 2000, pg. 45-52. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/662156935/Capitulo-5-Desenvolvimento-psicomotor-e-aprendizagem> Acesso em: 18 nov. 2024.*

UMEJIMA, K.; IBARAKI, T.; YAMAZAKI, T.; SAKAI, K. L. Paper Notebooks vs. Mobile Devices: Brain Activation Differences During Memory Retrieval *Frontiers in Behavioral Neuroscienc*, 18 March 2021. Vol. 15 <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2021.634158>

VAN DER MEER, A. L. H.; VAN DER WEEL, F. R. Only three fingers write, but the whole brain works: a high-density EEG study showing advantages of drawing over typing for learning. *Frontier Psychol.* v. 8 2017. doi: 10.3389/fpsyg.2017.00706 Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2017.00706/full> Acesso em: 8 jul. 2024.

VAN DER MEER, A. L. H.; VAN DER WEEL, F. R. Handwriting but not typewriting leads to widespread brain connectivity: a high-density EEG study with implications for the classroom. *Frontier Psychol.* 26 de jan. 2024. DOI: 10.3389/fpsyg.2023.1219945 Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2023.1219945/full> Acesso em: 26 jun. 2024.

VYGOTSKY, L. S. *Mind in society: the development of higher psychological processes.* pg. 57. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1978.

\_\_\_UNIVARSIDADE DE INDIANA Impressão, cursiva, teclado: qual a diferença na hora de aprender? Jan 2012. Disponível em: <https://newsinfo.iu.edu/news/page/normal/20977.html> Acesso em: 10jul. 2024.

WILLIS, J. Os benefícios cerebrais da escrita para a aprendizagem de matemática e ciências. *EDUTOPIA. Fundação Educacional George Lukas, 2011.* Disponível em: <http://www.edutopia.org/blog/writing-executive-function-brain-research-judy-willis> Acesso em: 9 jul. 2024.

## ANEXOS

## Anexo 1 - Plano de aulas ministradas antes da aplicação do questionário

| <b><u>PLANO DE AULA OU SEQUÊNCIA DIDÁTICA: 24/10, 06/11 e 14/11</u></b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Referencial<br/>Gaúcho</b>                                           | <b>Unidade temática: Ciências da Natureza</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                                                         | <b>Objeto do conhecimento:</b><br><br>(EM13CNT307) Analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano.                                                                                                                                                                                                      |
|                                                                         | <b>Habilidades a serem desenvolvidas:</b><br><br>Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC). |
| <b>I. ANÁLISE<br/>DA<br/>REALIDADE</b>                                  | <b>Conteúdo:</b> Funções químicas – ácidos e bases                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                                                                         | <b>Necessidades:</b><br><br>Conhecer diferentes teorias sobre ácidos e bases.<br>Compreender o que são e quais as principais funções químicas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>II.<br/>PROJEÇÃO<br/>DE<br/>FINALIDADE<br/>S</b>                     | <b>Objetivo(s):</b><br><br>Relacionar conceitos de ácidos e bases com produtos e alimentos do cotidiano do aluno.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

|                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>III. FORMAS<br/>DE<br/>MEDIAÇÃO</b> | <p><b>Metodologia:</b></p> <p><b>Aula 1</b></p> <p>A aula iniciará com a devolução dos trabalhos avaliativos realizados, na aula anterior.</p> <p>Após o conteúdo de funções químicas será iniciado trazendo o seguinte questionamento: “O que são funções químicas?”, com o intuito de fazer os alunos pensar e tentar interligar conteúdos anteriores, substâncias conhecidas pelos mesmos e construir uma resposta em conjunto. Seguindo para uma breve aula expositiva para situar os alunos ao conteúdo de funções químicas. Seguindo para a proposta de uma rápida pesquisa, onde os alunos com auxílio dos Chromebooks terão que lembrar, o que é uma substância, definir com suas palavras o que entenderam por funções químicas e pesquisar o que seriam os grupos funcionais.</p> <p>A partir da pesquisa os alunos serão ouvidos, quanto suas pesquisas e corrigidos quanto termos e detalhes sobre suas respostas. Para melhor entendimento e despertar o interesse dos alunos sempre trazendo questões do cotidiano para que o aluno possa visualizar onde pode ser aplicado o conhecimento que está adquirindo.</p> <p>A última parte da aula será por aula expositiva citando os diferentes grupos funcionais que serão estudados, e iniciando as teorias de ácido e base, segundo Arrhenius, Bronsted-Lowry e Lewis.</p> <p><b>Aula 2:</b></p> <p>A aula iniciará com questionamentos sobre o que os alunos lembram da aula anterior, sobre conceitos e teorias ácido base. Seguindo para aula expositiva sobre as teorias ácido-base segundo Arrhenius, Bronsted-Lowry e Lewis, com exemplos no quadro e exercícios de fixação.</p> |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Introdução ao conceito de pH, de forma simplificada, separando e somente em pH ácido (0 a 14), neutro (=7) e básico (8 a 14), para possibilitar a realização da aula seguinte.

### **Aula 3:**

Nas aulas anteriores os alunos aprenderam teorias sobre funções químicas, teorias ácido bases por meio de aulas expositivas dialogadas com exercícios de fixação.

Os alunos serão direcionados para o laboratório. No laboratório os alunos terão algumas soluções de produtos do nosso dia a dia como; vinagre, solução diluída de soda cáustica, água com detergente, leite de magnésia, água com limão por exemplo.

Os alunos terão que fazer fotos do comportamento ao se adicionar uma solução concentrada de repolho roxo, e descrever em relatório o que foi observado. Relacionando com o conceito de pH, sabendo os conceitos de pH neutro (7), ácidos (entre 0 e 6) e básicos (8 a 14). E terão que realizar uma pesquisa sobre a fórmula química dos compostos utilizados durante a aula. Com a tarefa finalizada os alunos poderão iniciar os relatórios e questionar dúvidas que apareceram sobre os conteúdos ou durante a execução da prática.

O relatório que deverá ser entregue pelos alunos será em formato de um questionário; segue abaixo:

Para o relatório da prática.

1- Descreva:

- a. O que é uma substância.
- b. O que é uma solução.

2- O que são funções químicas?

3- O que são grupos funcionais de uma substância?

4- O que é um ácido segundo a teoria de Arrhenius?

5- O que é um Base segundo a teoria de Arrhenius?

6- Preencha a tabela com os resultados obtidos

| Copo | Substância | Cor observada | pH <7 ácido, pH=7 neutro ou pH >7 básico |
|------|------------|---------------|------------------------------------------|
|      |            |               |                                          |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |   |                   |  |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------|--|--|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 1 | Água              |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 2 | Limão             |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 3 | Leite de magnésia |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 4 | Vinagre branco    |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 5 | Soda              |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 6 | Detergente        |  |  |
| <p>7- Explique o que foi observado em cada um dos copos durante o experimento. Justifique as cores observadas.</p> <p>8- Se uma solução desconhecida, ao se acrescentar solução indicadora de repolho roxo muda de cor para um verde amarelado, essa substância é ácida ou básica?</p> <p>9- O sabonete para bebês, bem como detergentes vem com a palavra “neutro” em seu rótulo, o que isso significa?</p> <p>10- Se fosse possível retirar um pouco do ácido presente em nosso estômago (HCl) e adicionar solução de repolho roxo, qual provavelmente seria a cor visualizada? Por quê?</p> |   |                   |  |  |
| <b>Tempo:</b> 6 períodos, cada período de 1,5 horas;.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |   |                   |  |  |
| <p><b>Recursos:</b> Sala de aula; Quadro branco, Chromebook, cadernos, Slides de apoio. Laboratório de química; copos plásticos, solução de repolho roxo, bicarbonato, soda cáustica diluída, suco de limão, vinagre, detergente, água.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |   |                   |  |  |
| <p><b>Avaliação:</b></p> <p>Relatório da prática realizada na aula 3 e pesquisa realizada na aula 1.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |                   |  |  |
| <p><b>Referências:</b></p> <p>FELTRE, Ricardo. Química: volume único. 8. ed. São Paulo: Moderna, 2011.</p> <p>TITO, Wilson Roberto Cunha; CANTO, Geraldo Antonio Domingues do. Química: contexto e aplicações. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005. 3 v.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |                   |  |  |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | REIS, Martha. Química: volume único. 2. ed. São Paulo: Ática, 2012.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|  | <p><b>Anexo(s):</b></p> <p><b>Anexo 1 - Roteiro de aula prática - Ácidos e bases</b></p> <p>Lembrando que;</p> <p>Segundo Arrhenius, ácidos são substâncias que, em solução aquosa, liberam íons <math>H^+</math> para o meio e bases liberam íons <math>OH^-</math> para o meio.</p> <p><b>Ácido em água;</b></p> $HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$ <p><b>Base em água;</b></p> $KOH \rightarrow K^+ + OH^-$ <p><b>DEFINIÇÃO DE pH</b></p> <p>O pH é uma medida em relação a concentração de íons <math>H^+</math> (íon hidrogênio) em uma solução, quanto MENOR o pH, MAIOR a quantidade do íon hidrogênio (<math>H^+</math>) presente na solução.</p> <p><b>ESCALA DE pH</b></p> <p>O pH mede a acidez ou basicidade de uma solução. A escala vai de 0 a 14, onde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>pH &lt; 7 (0 até 6): Ácido</b>, maior presença de <math>H^+</math> na solução.</li> <li>- <b>pH = 7: Neutro</b>, concentração dos íons <math>H^+</math> e <math>OH^-</math> equivalentes</li> <li>- <b>pH &gt; 7 (8 até 14): Básico</b>, menor presença de <math>H^+</math> em relação ao <math>OH^-</math>.</li> </ul> <p><b>Solução de repolho roxo para identificar ácidos e bases:</b></p> <p>O suco do repolho roxo é um indicador natural que reage de maneira diferente quando entra em contato com ácidos e bases. Isso ocorre, pois, as antocianinas presentes no repolho roxo são pigmentos sensíveis à variação de pH, de modo que a sua cor muda de acordo com a concentração de íons <math>H^+</math> e <math>OH^-</math> (acidez ou basicidade) presentes em uma solução.</p> <p><b>OBSERVAÇÃO DAS CORES</b></p> <p>O indicador mudará de cor dependendo do pH da solução:</p> |

|      | <p>- <b>pH ácido (menor que 7)</b> – O indicador muda para tons de rosa/vermelho.</p> <p>- <b>pH neutro (próximo de 7)</b> – Mantém uma cor <b>arroxeada</b>.</p> <p>- <b>pH básico (maior que 7)</b> – Muda para <b>azul, verde/amarelo</b>.</p> <p><b>Procedimento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pegue 6 copos e identifique para as seguintes substâncias; 1- água, 2- limão, 3- leite de magnésia, 4- vinagre, 5- soda e 6- detergente.</li> <li>- Coloque em cada copo 50ml de suco de repolho roxo</li> <li>- Em seguida adicione a cada copo as seguintes substâncias:</li> <li>- Copo 1, 50ml de água</li> <li>- Copo 2, suco de meio limão</li> <li>- Copo 3, uma tampinha de Leite de magnésia</li> <li>- Copo 4, 50ml de vinagre branco vinagre</li> <li>- Copo 5, 50ml de Solução de soda</li> <li>- Copo 6, um pouco de detergente.</li> </ul> <p>Anote o que foi observado na tabela de resultados abaixo:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Copo</th> <th>Substância</th> <th>Cor observada</th> <th>pH &lt;7 ácido, pH=7 neutro ou pH &gt;7 básico</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Água</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Limão</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Leite de magnésia</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Vinagre branco</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Soda</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Detergente</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> |               |                                          | Copo | Substância | Cor observada | pH <7 ácido, pH=7 neutro ou pH >7 básico | 1 | Água |  |  | 2 | Limão |  |  | 3 | Leite de magnésia |  |  | 4 | Vinagre branco |  |  | 5 | Soda |  |  | 6 | Detergente |  |  |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------------------------------------|------|------------|---------------|------------------------------------------|---|------|--|--|---|-------|--|--|---|-------------------|--|--|---|----------------|--|--|---|------|--|--|---|------------|--|--|
| Copo | Substância                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Cor observada | pH <7 ácido, pH=7 neutro ou pH >7 básico |      |            |               |                                          |   |      |  |  |   |       |  |  |   |                   |  |  |   |                |  |  |   |      |  |  |   |            |  |  |
| 1    | Água                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |               |                                          |      |            |               |                                          |   |      |  |  |   |       |  |  |   |                   |  |  |   |                |  |  |   |      |  |  |   |            |  |  |
| 2    | Limão                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |               |                                          |      |            |               |                                          |   |      |  |  |   |       |  |  |   |                   |  |  |   |                |  |  |   |      |  |  |   |            |  |  |
| 3    | Leite de magnésia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |               |                                          |      |            |               |                                          |   |      |  |  |   |       |  |  |   |                   |  |  |   |                |  |  |   |      |  |  |   |            |  |  |
| 4    | Vinagre branco                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |               |                                          |      |            |               |                                          |   |      |  |  |   |       |  |  |   |                   |  |  |   |                |  |  |   |      |  |  |   |            |  |  |
| 5    | Soda                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |               |                                          |      |            |               |                                          |   |      |  |  |   |       |  |  |   |                   |  |  |   |                |  |  |   |      |  |  |   |            |  |  |
| 6    | Detergente                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |               |                                          |      |            |               |                                          |   |      |  |  |   |       |  |  |   |                   |  |  |   |                |  |  |   |      |  |  |   |            |  |  |
|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |               |                                          |      |            |               |                                          |   |      |  |  |   |       |  |  |   |                   |  |  |   |                |  |  |   |      |  |  |   |            |  |  |

## Anexo 2 – Questionário aplicado aos participantes após a entrega dos relatórios

- 1- O que são funções químicas?
- 2- Defina o que é um ácido segundo a teoria de Arrhenius.
- 3- Qual o grupo funcional de uma base (segundo a teoria de Arrhenius)?

4- Ainda segundo a teoria de ácidos e bases de Arrhenius, o que é uma substância considerada neutra?

5- Se uma solução desconhecida, ao se acrescentar solução indicadora de repolho roxo muda de cor para rosa avermelhado, essa substância é ácida ou básica?

6- Preencha a seguinte tabela com as cores correspondentes para o indicador de repolho roxo;

| pH                    | Cor observada |
|-----------------------|---------------|
| Ácido pH <7 (0 à 6)   |               |
| Neutro pH=7           |               |
| Básico pH >7 (8 à 14) |               |

7- Se durante nossa aula prática, sabendo que a solução de repolho roxo foi usada como indicador, qual seriam as cores e os pHs correspondentes para as seguintes substâncias? (preencha a tabela)

| Copo | Substância                     | Cor observada | pH <7 ácido, pH=7 neutro ou pH >7 básico |
|------|--------------------------------|---------------|------------------------------------------|
| 1    | HCl                            |               |                                          |
| 2    | Água                           |               |                                          |
| 3    | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> |               |                                          |
| 4    | KOH                            |               |                                          |
| 5    | HBr                            |               |                                          |
| 6    | Mg(OH) <sub>2</sub>            |               |                                          |