

Ensino de Ciências Naturais: noções de cálculo diferencial e integral no curso de Licenciatura em Química no IFMA – Campus Codó

Teaching Natural Sciences: notions of differential and integral calculus in the Degree in Chemistry at IFMA – Campus Codó

Álvaro Itauna Schalcher Pereira^{1*}, Luis Fernandes de Sousa Filho¹, Jose Weliton Aguiar Dutra¹, Francisco Adelson Alves Ribeiro¹, Helis Augusto Oliveira da Silva¹, Gláucio Sousa Martins¹, Abias Rodrigues da Cruz¹, Carlos Magno de Moraes¹

RESUMO

O estudo apresenta como aporte teórico o trabalho monográfico defendido no ano de 2018 (sem Pandemia da Covid-19) com a pesquisa em andamento no Programa de Pós-Graduação *Latu Senso* em Ensino de Ciências e Matemática do IFMA (em tempos de Pandemia da Covid-19), referente às concepções matemáticas dos docentes que ministram as disciplinas que envolvam o Cálculo Diferencial e Integral I, conhecido como Cálculo I, no curso superior de Licenciatura em Química, especificamente apresentando novas perspectivas pedagógicas, buscando promover a superação nos aspectos da *praxis* com exemplos contextualizados envolvidos na área de Ciência Exata e Terra. A pesquisa justificou-se a partir da necessidade de desmistificar que os conhecimentos matemáticos são considerados os entraves para aprender as demais disciplinas do curso. Metodologicamente foram realizadas entrevistas semiestruturadas com 50 discentes, caracterizando-se como um estudo descritivo e exploratório com o intuito de (re) construir os caminhos no processo ensino-aprendizagem.

Palavras-chave: Discentes; Ensino; Matemática; Química.

ABSTRACT

Latu Senso Graduate Program in Science and Mathematics Teaching at IFMA (in times of Covid-19 Pandemic). -19), referring to the mathematical conceptions of the teachers who teach the subjects that involve Differential and Integral Calculus I, known as Calculus I, in the undergraduate degree in Chemistry, specifically presenting new pedagogical perspectives, seeking to promote overcoming aspects of *praxis* with contextualized examples involved in the area of Exact Science and Earth. The research was justified from the need to demystify that mathematical knowledge is considered obstacles to learning the other subjects of the course. Methodologically, semi-structured interviews were carried out with 50 students, characterized as a descriptive and exploratory study with the aim of (re) building the paths in the teaching-learning process.

Keywords: Students; Teaching; Mathematics; Chemistry.

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão – Campus Codó
*E-mail: alvaro.pereira@ifma.edu.br

INTRODUÇÃO

O ensino da Química na Educação Superior, ao considerar as diretrizes educacionais vigentes, tem uma perspectiva de aproximar diferentes saberes referentes às questões conceituais e metodológicas, que fundamentam a estreita relação com os conhecimentos matemáticos. Destaca-se também que, no ensino de Química, as metodologias diversificadas vêm sendo utilizadas com êxito ao propiciar uma melhor compreensão dos conteúdos teóricos e que comumente são descritos pelos discentes como abstratos, facilitando assim, a transposição didática dos conteúdos (DOS SANTOS *et al.*, 2022).

Para tanto, os universitários associam suas principais dificuldades nas disciplinas do curso de Química ao não conhecimento de fato da disciplina Cálculo Diferencial Integral, reforça-se essa ideia com a fala de Mello e outros autores que afirmam que esses padrões tornam aparentemente desnecessária qualquer reflexão sobre os problemas enfrentados na disciplina, já que estão dentro da normalidade (MELLO *et al.*, 2001). Isso significa que suas reflexões, envolvendo a *práxis*, necessitam ser expostas e aprovadas constantemente, sendo confrontados com a complexidade da interdisciplinaridade existente.

Segundo Rafael (2017), no Ensino Superior, esses conceitos se acoplam a outros ainda mais abstratos. Nesta perspectiva didática - cognitiva esta autora explica que em torno dos objetivos de sua pesquisa em relação ao Cálculo Diferencial Integral que, a seguir, transcrevemos:

Investigar e ressaltar as potencialidades didático-cognitivas das representações matemáticas em uma perspectiva semiótica, mediadas por softwares educativos, no contexto da disciplina Cálculo Diferencial e Integral I; investigar também os limites e possibilidades didático-pedagógicas das representações matemáticas na formação inicial do futuro professor de Matemática (FARIAS 2007, p. 3).

É bom ressaltar, que a formação inicial do professor de Matemática, objeto da pesquisa da autora, apresenta pontos semelhantes com a formação integral do futuro professor de Química, que requer conhecimentos das disciplinas relacionadas à Matemática que estão presentes no início da maioria dos cursos de graduação em Química, compartilhando o mesmo espaço que disciplinas diversas. Portanto, há espaço, ainda, para conclusão de que a falta de domínio na interpretação textual e de um olhar crítico impede o aluno de vislumbrar uma solução para certas situações-problemas, ou

seja, não admite precisar dos conhecimentos matemáticos para explicar fenômenos químicos (GARCIA; GARCIA, 2014)

É bom ressaltar, que a formação inicial do professor de Matemática, objeto da pesquisa dos autores, apresenta pontos de semelhança com a formação do futuro professor de Química, onde as disciplinas relacionadas à Matemática se fazem presentes ao longo do curso, sem, contudo, constituir a base de formação destes. Ademais, ainda neste contexto da formação de professores de química, registra-se a predominância do senso comum, que se reduz à mera reprodução de conceitos, fórmulas e regras, que em nada contribuíam para a construção de um verdadeiro conhecimento químico. Para Freire (2011), ao se referir ao que denominou de “Educação Bancária”, para explicitar tal prática pedagógica. A Educação dita “Bancária” assim se caracteriza:

Em lugar de comunicar-se, o educador faz “comunicados” e depósitos que os educandos, meras incidências, recebem pacientemente, memorizam e repetem. Eis a concepção “bancária” da educação, em que a única margem de ação que se oferece aos educandos é a de receberem os depósitos, guardá-los e arquivá-los (FREIRE, 2011, p. 80-81).

Isto posto, reafirmo que o ensino tradicional de Química, segundo Schnetzler (2002) e Maldaner (2000), tem se pautado na mera transmissão de conteúdos prontos e inquestionáveis, descontextualizados social, histórica e culturalmente, concebendo o aluno como tábula-rasa, aprendizagem por recepção com ênfase em memorizações, monopólio da linguagem pelo professor, experimentação como comprovação de conhecimento previamente ensinado e avaliação somativa dos alunos. Contudo, é necessário que a aprendizagem significativa consiste na interação entre conhecimentos prévios e relevantes dos alunos com os conhecimentos novos que serão ressignificados (SILVA, 2022).

Existe na Química, um elevado número de conceitos inter-relacionados a outras disciplinas, mas que não são facilmente percebidos pelos estudantes (NERY; LIEGEL; FERNANDEZ, 2007). Assim, nota-se que tal diretiva considera o graduando do curso de Licenciatura em Química como um sujeito singular, cujo projeto de vida acadêmica e a qualificação profissional perpassam nas múltiplas dimensões da formação humana, onde essa construção para o mundo do trabalho agrega valores sociolaboral contextualizados em diferentes áreas do conhecimento.

Do ponto de vista químico, os conhecimentos de Cálculo Diferencial e Integral, são enumerados de acordo com perspectiva crítica, buscando conexões entre o

conhecimento matemático e a práxis com situações problemas para o graduando em Química nas seguintes temáticas: Limite e Continuidade, Derivadas, Aplicações das Derivadas, Integrais, Métodos de Integrações, Integrais Impróprias, Sequencias e Séries (COELHO, et.al 2012).

De fato, a disciplina Cálculo Diferencial Integral I, conhecida pelos graduandos por Cálculo I, apresenta uma progressão de complexidade dentro dos temas abordados, pois, busca uma interpretação em nível de abstração, com discussões que tangencialmente correlacionam a Química com a Matemática, influenciando, assim seu desempenho acadêmico no decorrer da graduação, mas os conhecimentos como, por exemplo, de derivadas necessitam ser ensinado na Educação Básica, em especial no Ensino Médio. Aliado a isso, a forma como a Química é tratada em sala de aula, onde é dado bastante ênfase à simples memorização de nomes e fórmulas e à resolução de situações problema, na maioria das vezes, sem a devida contextualização (CARDOSO; COLINVAUX, 2000).

Segundo o docente Geraldo Ávila que ao defender sobre os conhecimentos matemáticos referentes à derivada que esta seja ensinada no decorrer do Ensino Médio, e observa que o fato da derivada e suas regras sejam considerados inadequados e complexa é supostamente devido ao seu ensino muitas vezes ser, desnecessariamente, antecedido de um difícil capítulo sobre limites. Ocorre que a abordagem desse conteúdo é, muitas vezes, pouco reconhecida, caracterizada por atividades com excesso de manipulação algébrica e pouco significativas para os discentes.

Ele firma: “devemos enfatizar que a derivada foi inventada há mais de três séculos; e, juntamente com o conceito de integral, ela é o alicerce de toda a ciência e tecnologia dos últimos trezentos anos” (ÁVILA, 2006).

Portanto, Reis (2012) acrescenta que o valor de se reconhecer o público para a compreensão que os conteúdos serão dispostos, e com qual intenção. Diante da relevância do que vem sendo abordada, a presente pesquisa tem como objetivo demonstrar as concepções matemáticas dos docentes que ministram a referida disciplina, com a pretensão de desmistificar que conhecimentos matemáticos é a maior dificuldade para aprender às disciplinas que necessitam diretamente da mesma.

A Interdisciplinaridade entre Cálculo I e a Química

A disciplina Cálculo Diferencial Integral I é intrínseca a grade curricular dos cursos de Licenciatura em Química, uma vez que, a mesma é pré-requisito para disciplinas específicas e equivalentes (ANDRADE; SILVA, 2014). Um problema bastante alusivo na literatura e que gera grandes discussões na esfera acadêmica é o fato dos discentes não conseguirem assimilar a aplicação desta disciplina com o curso, para os mesmos não há articulação entre os conteúdos químicos e quando existe, encontra-se diretamente restrita ao mundo científico, teórico e experimental, ficando a área educacional sujeita aos tradicionais sistemas de ensino compartimentados (ANDRADE; SILVA, 2014; MORAES; JUNIOR, 2014; FRESCK; PIGATTO, 2009; NERY, LIEGEL; FERNANDEZ, 2007).

No tocante à interdisciplinaridade destacamos duas referências relevantes, que são, Ivani Fazenda e Hilton Japiassú, cujas formações acadêmicas receberam o viés da experiência europeia, marcadamente a francesa. Cabe lembrar que o lançamento do livro de Japiassú (1976) intitulado “Interdisciplinaridade e patologia do saber”, foi o marco inicial da disseminação de ideias sobre interdisciplinaridade no Brasil. Já, Ivani Fazenda, por sua vez, direciona seus estudos interdisciplinares para o campo pedagógico, instaurando um programa de pesquisa sobre interdisciplinaridade na educação, que ao longo dos últimos trinta anos geraram diversas publicações sobre o tema.

A despeito dessa temática, citamos Japiassú (1976, p. 17), que assim se posiciona:

O formalismo jurídico de uma teoria abstrata, desligado de toda referência à vida real, pode conduzir aos piores absurdos, traindo, assim, a essência mesma da função jurídica. De modo semelhante, o formalismo rigoroso desta ou daquela teoria científica pode desenvolver, sob aparências enganadoras da perfeita exatidão, o desconhecimento das implicações próximas e longínquas da existência humana. As práticas interdisciplinares, portanto, tendem a buscar a unicidade do conhecimento, onde a integração de todas as disciplinas e a ligação delas com a realidade do aluno dão um outro sentido ao conhecimento.

No tocante a essa inter-relação entre a Matemática e a Química, advertimos que é preciso que seja rompido o status quo em que os professores se constituem, estabelecendo “práticas colaborativas” entre docentes de uma mesma turma, em que os sujeitos envolvidos estabeleçam interações mútuas, tendo em vista superação da racionalidade técnica (SOUZA, 2017).

Embora esse problema tenha se instaurado no âmbito acadêmico de diversas instituições de ensino brasileiras, vale ressaltar que a disciplina de Cálculo Diferencial Integral I é fundamental para os discentes desenvolver formalismos que integrem fatos isolados e modelos quantitativos de previsão, com o intuito de assimilar modelos probabilísticos teóricos, no sentido de organizar, descrever, arranjar e interpretar resultados experimentais, inclusive com auxílio de métodos computacionais, tanto no curso de Licenciatura em Química como em outros (ANDRADE, 2008).

Para tornar claro esta relação de conteúdos e assim ressignificar a noção fragmentada dos discentes do referido curso, cabe ressaltar de forma sucinta quais disciplinas necessitam de noções matemáticas, pois, no curso de Licenciatura em Química as disciplinas que envolvem o cálculo não permanecem no currículo por casualidade, uma vez que, para se compreender as noções de Química é indispensável ter conhecimentos básicos em Matemática: Possuir capacidade aceitável em Cálculo Diferencial Integral para abranger conceitos de Química (ZUCCO; PESSINE E ANDRADE, 1999).

Química Inorgânica I

Neste tópico, as equações químicas e matemáticas foram extraídas a partir de uma análise multidimensional da bibliografia específica da área de Química Inorgânica. Partindo da ideia exposta por Andrade (2008), os conceitos da disciplina de Cálculo Diferencial Integral são fundamentais para a previsão de modelos probabilísticos teóricos”, é possível comprovar em Química Inorgânica I a veracidade de tal constatação, pois, ao estudar de que forma é possível deduzir a posição de um elétron torna-se imprescindível as noções básicas da disciplina Cálculo Diferencial Integral, no que tange aos conteúdos de derivadas e integrais.

Por exemplo, a equação de Schrödinger que retrata o movimento de uma onda estacionária de comprimento λ , a qual a amplitude ao longo do eixo x pode ser representada pela função $f(x)$, como mostra a Equação I.

$$\frac{d^2 f(x)}{dx^2} = \frac{-4\pi^2}{\lambda^2} f(x) \quad (I)$$

A partir dessa equação, podemos observar o conceito de derivada empregado de forma clara e objetiva, desta maneira considere o elétron como uma onda podendo agitar-se numa dimensão x , então temos a Equação II, outra expressão matemática que envolve o conteúdo de derivadas:

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} = \frac{4\pi^2}{\lambda^2}\psi \quad (\text{II})$$

Partindo de uma análise mais minuciosa levando em conta que o elétron desloca-se nos sentidos x, y, e z. A equação se apresentara de forma complexa envolvendo os conteúdos de derivadas parciais, como mostrado abaixo na Equação III:

$$\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial z^2} = \frac{4\pi^2}{\lambda^2}\psi \quad (\text{III})$$

Simplificando, substituindo as três variáveis pelo Δ a equações é expressa assim na Equação IV:

$$\Delta^2\psi = \frac{4\pi^2}{\lambda^2}\psi \quad (\text{IV})$$

Lembrando a relação de Broglie em que h representa a constante de Planck, m a massa do elétron e v velocidade; temos na Equação V:

$$\lambda = \frac{h}{mv} \quad (\text{V})$$

Ou

$$\Delta^2\psi + = \frac{4\pi^2 m^2 v^2}{h^2}\psi = 0$$

Portanto, a energia E é soma do sistema da energia cinética K com a energia potencial V .

Representação:

$$E = K + V$$

Logo,

$$K = E - V$$

Lembramos que a energia cinética é igual a $\frac{1}{2}mv^2$, ou seja, que $\frac{1}{2}mv^2 = E - V$

Substituído na equação V a expressão de v^2 , resulta na equação de Schrödinger Equação VI.

$$\Delta^2\psi = -\frac{8\pi^2m}{h^2}(E - V)\psi = 0 \quad (\text{VI})$$

As propriedades da equação de onda:

ψ = dever ser contínua

ψ = dever ser finita

ψ = dever gerar um único resultado

A probabilidade de se encontra o elétron em todo o espaço, de $+\infty$ até $-\infty$, deve ser igual a um.

Essa coerência discursiva, por sua vez, encontrar um elétron nas derivadas x, y, z é ψ^2 representada pela equação: Equação VII.

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \psi dx dy = 1 \quad (\text{VII})$$

Química Inorgânica II

As equações químicas e matemáticas foram extraídas a partir de uma análise multidimensional da bibliografia específica da área de Química Inorgânica II. A disciplina Química Inorgânica II aborda os seguintes conteúdos: química do Hidrogênio, química dos elementos dos blocos "s e p" e de seus compostos, enfatizando as correlações entre as propriedades físicas e químicas com os aspectos estruturais e de ligação, os métodos de obtenção e as principais propriedades e aplicações (PCLQ, 2012).

A esse respeito, devem-se levar em consideração as teorias de ligação em particular a Teoria da Ligação de Valência (TLV), pois, o processo de hibridização esta intimamente ligada aos conteúdos de derivadas e integrais, como descritos a seguir: É notório que cada elétron pode ser representado por sua função de onda ψ , no caso do elemento químico carbono (principal elemento estudado nesse aspecto por possuir tetra valência), se as funções de ondas dos orbitais atômicos deste elemento forem descritas por ψ_{2s} , ψ_{2px} , ψ_{2py} e ψ_{2pz} , então os orbitais tetraédricos serão funções de onda ψ_{sp^3} , obtidas pela combinação linear dessas quatro funções de onda, expressa matematicamente na Equação VIII.

$$\psi_{sp^3} = c_1\psi_{2s} + c_2\psi_{2px} + c_3\psi_{2py} + c_4\psi_{2pz} \quad (\text{VIII})$$

As constantes C_1 , C_2 , C_3 e C_4 , mostradas acima podem combinarem de quatro formas diferentes, como são observadas abaixo nas Equações IX, X, XI e XII:

$$\psi_{sp^3}(1) = \frac{1}{2} \psi_{2s} + \frac{1}{2} \psi_{2px} + \frac{1}{2} \psi_{2py} + \frac{1}{2} \psi_{2pz} \quad (\text{IX})$$

$$\psi_{sp^3}(2) = \frac{1}{2} \psi_{2s} + \frac{1}{2} \psi_{2px} - \frac{1}{2} \psi_{2py} - \frac{1}{2} \psi_{2pz} \quad (\text{X})$$

$$\psi_{sp^3}(3) = \frac{1}{2} \psi_{2s} - \frac{1}{2} \psi_{2px} + \frac{1}{2} \psi_{2py} - \frac{1}{2} \psi_{2pz} \quad (\text{XI})$$

$$\psi_{sp^3}(4) = \frac{1}{2} \psi_{2s} - \frac{1}{2} \psi_{2px} - \frac{1}{2} \psi_{2py} + \frac{1}{2} \psi_{2pz} \quad (\text{XII})$$

Diante disso, esse processo de combinação é denominado hibridização. Assim, para resolução dessas combinações nota-se a necessidade da aplicação de noções matemáticas e conceitos que regem a disciplina de Cálculo Diferencial Integral.

Essa coerência discursiva, por sua vez, revela que a disciplina Química Inorgânica II, além do que já foi exposto acima, mostra a importância de estudar as estruturas eletrônicas e propriedades física e química dos blocos s e p . Diante disso, segundo LEE (1999), os elementos do grupo I e II, se mostram iguais nos segmentos correspondentes à tendência nas propriedades. Ademais, para as deduções de algumas teorias e algoritmos (não são objeto da pesquisa) precisa-se do cálculo diferenciado para tal resultado, conforme a Tabela I.

Tabela I - Tamanho e densidade dos Átomos e Íons.

Elemento	Raio metálico (Å)	Raio iônico M^{2+} (Å) hexacoordenado	Densidade (g.cm ⁻¹)
Be	1,12	0,31*	1,85
Mg	1,60	0,72	1,74
Ca	1,97	1,00	1,55
Sr	2,15	1,18	2,63
Ba	2,22	1,35	3,62
Ra		1,48	5,50

* Raio do íon tetra coordenado; com coordenação seis = 0,45 Å
Fonte: LEE, 1999

Para análise criteriosa da Tabela I, foi preciso fazer diversas deduções de cálculos diferenciados para mostrar que a carga no núcleo faz com que atraia mais

ativamente os elétrons, ou seja, a retirada de dois elétrons aumenta a carga nuclear efetiva. A esse respeito, o estudo do Cálculo Diferencial Integral é de importância para o entendimento da disciplina Química Inorgânica II.

Físico-Química I

Neste tópico, as equações químicas e matemáticas foram extraídas a partir de uma análise multidimensional da bibliografia específica da área de Físico-química I.

Ademais, os conhecimentos de Cálculo Diferencial e Integral não são restritos, ou seja, não se limitam apenas a um instrumento usado para resoluções matemáticas, são utilizados também na disciplina de Físico-química I no Estudo das gases. Exemplo:

Conhecimento das leis da termodinâmica abrangem todos os sistemas, ou seja, sólidos, líquidos, gasosos e qualquer junção dessas fases. Nesta visão, a termodinâmica compreende a transformação do volume de um sistema.

O sistema está perdendo energia na forma de trabalho. A quantidade infinitesimal de trabalho dw que o conjunto de elementos interligados realiza sobre a vizinhança, para uma mudança infinitesimal no volume dV , enquanto comporta-se em oposição uma pressão externa constante p_{ext} , é demonstrado na Equação XIII:

$$dw = -p_{ext} \cdot dV \quad \text{(XIII)}$$

Chegamos à parte do universo que nos interessa, o Cálculo usa a integral para somar oscilações infinitésimas. Temos na Equação XIV:

$$w = - \int p_{ext} dV = -p_{ext} \int dV = -p_{ext} \cdot V \Big|_{V_i}^{V_f} \quad \text{(XIV)}$$

Nesse sentido, os limites da integral são: V_i = volume inicial e V_f = volume final. Assim, analisando a integral temos nas Equações XV e XVI:

$$w = - p_{ext} (V_f - V_i) \quad \text{(XV)}$$

$$w = - p_{ext} \cdot \Delta V \quad \text{(XVI)}$$

Deve-se ressaltar ainda, que estudamos diversos assuntos relacionados ao cálculo diferencial nessa disciplina, principalmente em Funções de Estados, Entalpia, Coeficiente de Joule-Thomson, Ciclo de Carnot, Eficiência e Entropias de Reações Químicas. Dentro deste, podemos ressaltar que as Reações Químicas podem

designar as entropias absolutas de reagentes e de produtos. Temos na Equação XVII:

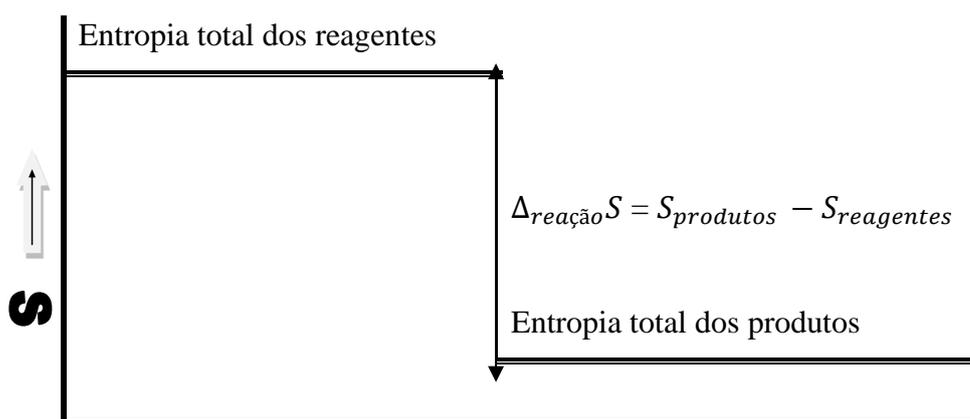
$$\Delta_{\text{reação}}S = \sum S_{\text{Produtos}} - \sum S_{\text{Reagentes}} \quad (\text{XVII})$$

Diante disso, esses termos representam entropias absolutas, ao que tange as condições padrões, cada parte da entropia é representado pelo o símbolo °: vejamos na Equação XVIII:

$$\Delta_{\text{reação}}S^{\circ} = \sum S_{\text{Produtos}}^{\circ} - \sum S_{\text{Reagentes}}^{\circ} \quad (\text{XVIII})$$

Dentro desse, as transformações químicas relacionada com a variação de entropia podem ser representadas pela lei de Hess.

Figura 2 - Entropia pode variar, nesse caso, a entropia dos produtos é menor que a dos reagentes, portanto, $\Delta_{\text{reação}}S$ é negativo.



Fonte: BALL, 2011. Adaptado por (FILHO, 2018).

Físico-Química II

Neste tópico, as equações químicas e matemáticas foram extraídas a partir de uma análise multidimensional da bibliografia específica da área de Físico-química II. Destacam-se, também, no estudo do Cálculo Diferencial Integral na disciplina Físico-química II, conteúdos importantes como: Equilíbrio Químico, Equilíbrio entre Fases, a solução ideal e as propriedades coligativas e Equilíbrio em Sistemas não ideais. Neste sentido, o Equilíbrio Químico está diretamente ligado com Cálculo Diferencial Integral, exemplo da fase de sistema do Chumbo e Estanho.

A esse respeito, para compreendermos essa figura acima devemos ter noções básicas de Cálculo Diferencial Integral, ou seja, esses equilíbrios estão presentes em boa

parte das transformações químicas, vale ressaltar, que as afinidades entre constante de equilíbrio e a composição de equilíbrio abrange a fase líquida e gasosa. Assim, observamos que para medir-se a fase gasosa determinamos a pressão em 1 bar, com a fugacidade de um gás ideal que é semelhante à pressão, expressa na Equação XIX:

$$f_i^0 = P^0 = 1 \text{ bar} \quad (\text{XIX})$$

Temos,

$$k = \prod_i \left(\frac{f_i}{1} \right)^{v_i} = \prod_i (y_i \hat{\phi}_i P[\text{bar}])^{v_i}$$

Para continuar essa situação, vamos observar três níveis de rigor no alcance do coeficiente de fugacidade:

- I) $\hat{\phi}_i = \hat{\phi}_i$
- II) $\hat{\phi}_i = \hat{\phi}_i$ Aproximação (regra de Lewis da fugacidade);
- III) $\hat{\phi}_i = 1$ Aproximação (gás ideal)

Diante desse caso, o item (I) é bem rígido e precisa de soluções iterativas. Diante disso, o equilíbrio químico é seguido do item (II), podendo ser demonstrado de outra forma na Equação XX:

$$\prod_i (y_i \hat{\phi}_i)^{v_i} = P^{-v} K \quad (\text{XX})$$

Por outro lado, para o gás ideal, o item (III), a representação da equação é bem simples resultando mostra-se na equação XXI:

$$\prod_i (y_i)^{v_i} = P^{-v} K \quad (\text{XXI})$$

Para continuar essa situação, medimos a fase líquida de outra maneira, temos a Equação XXII:

$$\prod_i \left(\frac{\hat{f}_i}{f_i^0} \right)^{v_i} = K \quad (\text{XXII})$$

Assim, tomando a Equação XXIII:

$$\hat{f}_i = y_i x_i f_i \quad (\text{XXIII})$$

Nesse contexto, a fugacidade do líquido puro representado por i na temperatura do sistema de 1 bar. Podendo ser mostrada a seguir na Equação XXIV:

$$f_i^0 \frac{\hat{f}_i}{f_i^0} = \frac{y_i x_i f_i}{f_i^0} = y_i x_i \left(\frac{f_i}{f_i^0} \right) \quad (\text{XXIV})$$

Neste caso, fazendo a relação com essas equações descrita abaixo, Equação XXV e XXVI:

$$G_i - G_i^0 = RT \ln \left(\frac{f_i}{f_i^0} \right) \quad (\text{XXV})$$

$$G_i - G_i^0 = \int_{p^0}^p V_i dP \quad (\text{XXVI})$$

A esse respeito, fazendo a dedução com equação (XXII) encontramos a relação com a constante K (volume de líquido e sólido). Temos: Equação XXVII:

$$\prod_i (y_i x_i)^{v_i} = K \exp \left[\frac{(P^0 - P)}{RT} \sum_i (v_i V_i) \right] \quad (\text{XXVII})$$

De fato, o exponencial é muito próximo de um. Assim temos na Equação XXVIII:

$$K = \prod_i (\gamma_i x_i)^{v_i} \quad (\text{XXVIII})$$

De fato, podemos ainda simplificar ainda mais com a equação ideal em relação com coeficiente ($\prod_i \gamma_i = 1$) Temos na Equação XXIX:

$$K = \prod_i (x_i)^{v_i} \quad (\text{XXIX})$$

Para melhor entendimento, as baixar concentração em soluções aquosas, utilizamos a lei de Henry na Equação XXX:

$$\hat{f}_i = K_i m_i \quad (\text{XXX})$$

Assim, a fugacidade é representada: pela Equação XXXI:

$$\hat{f}_i = K_i m_i = 1 x k_i = k_i \quad (\text{XXXI})$$

Tais aspectos demonstram alguns conceitos que abrangem as constantes de equilíbrio e a composição de equilíbrio, em reações de fase gasosa e líquida, para essas deduções de equações envolveram noções básicas de Cálculo Diferencial Integral. Vale ressaltar, nas soluções de fases condensadas as constantes de equilíbrio são apresentadas em abrangência de pressões parciais, porém, muitas reações químicas arrastam outras fases além da fase gasosa. A equação abaixo mostra que um gás real é definido em termos da fugacidade, podendo ser analisado na Equação XXXII.

$$a_{gás} = \frac{a_{gás}}{p^o} \quad (\text{XXXII})$$

Cinética Química

Neste tópico, as equações químicas e matemáticas foram extraídas a partir de uma análise multidimensional da bibliografia específica da área de Cinética Química.

Como se pode notar nas disciplinas (Físico-química I e II) o Cálculo Diferencial Integral é empregado para compreender porque as reações químicas ocorrem e se os processos são espontâneos ou não. Por outro lado no estudo de cinética, noções de cálculo diferencial e integral são empregadas para determinar como as reações químicas ocorrem e qual o tempo necessário para estas reações serem realizadas.

Assim, elas (termodinâmica e cinética) se relacionam intimamente no que tange a dependência entre ambas, pois, a termodinâmica dirá se alguma reação poderá ocorrer, mas não dirá quanto tempo levará para que essa reação ocorra, enquanto a cinética prediz quanto tempo uma reação irá levar para ocorrer, mas não dirá se ela realmente poderá ocorrer. Mediante essa discussão cabe ressaltar que o cálculo unido aos conceitos termodinâmicos e cinéticos constituem uma ferramenta poderosa e eficaz para uma interpretação coerente das reações químicas.

Toda via, este tópico tem como objetivo demonstrar de forma sucinta a relação entre Cálculo Diferencial Integral com a Cinética. Um ponto de partida para essa discussão é a determinação das leis de velocidades (principal objetivo de estudo da cinética), usando ferramentas de cálculo para deduzir expressões simples que preveem o consumo de reagentes e produtos em uma reação química como mostrado ao decorrer desse tópico.

Por definição segundo Ball (2011) a velocidade de uma reação pode ser expressa pela variação na quantidade de reagentes durante um intervalo de tempo como mostra a Equação XXXIII:

$$Velocidade = \frac{\text{variação na quantidade}}{\text{variação no tempo}} = \frac{\Delta(\text{quantidade})}{\Delta(\text{tempo})} \quad (\text{XXXIII})$$

No caso de uma reação química global e balanceada na Equação XXXIV:



Onde A e B são reagentes e C e D os produtos e a, b, c e d os coeficientes. Neste caso pode-se expressar a velocidade da reação em termos das quatro quantidades que variam com o tempo, visto na Equação XXXV:

$$velocidade = \frac{1}{a} \cdot \left(-\frac{\Delta[A]}{\Delta(\text{tempo})} \right) = \frac{1}{b} \cdot \left(-\frac{\Delta[B]}{\Delta(\text{tempo})} \right) \quad (\text{XXXV})$$

E na Equação XXXVI

$$velocidade = \frac{1}{c} \cdot \left(+\frac{\Delta[C]}{\Delta(\text{tempo})} \right) = \frac{1}{d} \cdot \left(+\frac{\Delta[D]}{\Delta(\text{tempo})} \right) \quad (\text{XXXVI})$$

Rearranjando as equações utilizando variações infinitesimais, substitui-se o Δ pela diferencial d. Desta forma as equações anteriores se tornam: Equação XXXVII:

$$velocidade = \frac{1}{a} \cdot \left(-\frac{d[A]}{dt} \right) = \frac{1}{b} \cdot \left(-\frac{d[B]}{dt} \right) \quad (\text{XXXVII})$$

e, Equação XXXVIII

$$velocidade = \frac{1}{c} \cdot \left(+\frac{d[C]}{dt} \right) = \frac{1}{d} \cdot \left(+\frac{d[D]}{dt} \right) \quad (\text{XXXVIII})$$

Expressando estas reações em termos da variação absoluta na quantidade de uma espécie e escalonando as outras velocidades proporcionalmente, temos na Equação XXXIX:

$$velocidade = -\frac{d[A]}{dt} = -\frac{a}{b} \cdot \frac{d[B]}{dt} \quad (\text{XXXIX})$$

Tal expressão demonstra que experimentalmente a velocidade inicial é proporcional a concentração de todos os reagentes elevados a algum expoente, comprovando que a equação acima pode ser representada na forma infinitesimal na Equação XL:

$$velocidade \propto [A]^m \cdot [B]^n \quad (XL)$$

Para transformar essa proporcionalidade em igualdade, introduz-se uma constante de proporcionalidade, k, como observamos na Equação XLI:

$$velocidade = k \cdot [A]^m \cdot [B]^n \quad (XLI)$$

A constante de proporcionalidade k geralmente é independente das concentrações de A e B e de qualquer outra espécie que apareça na expressão algébrica. A expressão completa na equação acima é chamada de lei de velocidade o foco determinante desta discussão. É possível observar que para chegar a tal definição uma interpretação matemática de conceitos relacionados à disciplina de Cálculo Diferencial Integral, torna-se de suma importância.

A esse respeito vale ressaltar a importância desses conhecimentos de Cálculo Diferenciais Integrais aplicados em química nas diversas áreas do conhecimento, além de instrumento de pesquisa.

Elementos da Química Quântica

Neste tópico, as equações químicas e matemáticas foram extraídas a partir de uma análise multidimensional da bibliografia específica da área de Química Quântica.

A mecânica quântica é enfrentada em primeiro aspecto como uma disciplina difícil, porque abrange novos conceitos em relação à matéria, ou seja, retratar um desempenho no nível atômico. Diante disso, a função de onda, pode ser retratada pela Equação XLII:

$$y = A \sin(Bx + C) + D \quad (XLII)$$

Assim, Broglie constatou que a matéria necessita ter propriedade de onda. No entanto, a função de ondas na quântica é representada pelo a letra grega Ψ , essas funções são restringidas a ter um valor singular, ser permanente e principalmente não precisa haver razão de cálculo para que a derivada de Ψ não possa existir.

Como podemos perceber, a abordagem de Cálculo Diferencial Integral apresenta-se em todo o conteúdo de Química Quântica, por exemplo, a interpretação das funções de ondas e probabilidade segundo Max Born, onde aparecem duas vertentes: a primeira que o desempenho do elétron é retratado por uma função de onda e a outra é que o princípio da incerteza, onde, existem limites e exatidão para cada medida.

Logo, é muito difícil afirmar com exatidão algum elétron permanece em exato lugar em um determinado tempo. A possibilidade pode ser determinada a partir de equação, onde P esta entre dois pontos a e b no espaço uma função de onda Ψ . Assim, ele representa na Equação XLIII:

$$P \int_b^a \Psi * \Psi d\tau \quad (\text{XLIII})$$

METODOLOGIA

A pesquisa realizada no ano letivo de 2018 e atualizada no ano letivo de 2022 foi inicialmente de cunho qualitativo e posteriormente de cunho quanti-qualitativo com as bases de dados presentes no Portal de Periódicos CAPES/MEC, além da utilização de entrevistas e análise documental realizados no Instituto Federal de Educação e Ciência do Maranhão IFMA – Campus Codó, no município de Codó Estado do Maranhão.

Caracterizações do Campo de Pesquisa

Este estudo teve primordialmente caráter descritivo, alias um modo diferente de olhar e pensar determinada realidade a partir de uma experiência e de uma apropriação do conhecimento que é bastante pessoal (ALMEIDA, 2016). Sendo utilizadas duas abordagens (qualitativa e quantitativa). Iniciou-se o primeiro momento voltado para uma pedagogia pluri, multi e interdisciplinar ativa, referente aos aspectos qualitativos na leitura e anotações (periódicos especializados, monografias, dissertações e teses).

Desenvolvem tangencialmente, a unificação das instituições de ensino técnico sob uma mesma institucionalidade fez parte de um plano ambicioso descrito pelo Ministério da Educação com as seguintes palavras: O Instituto Federal aponta para um novo tipo de instituição identificada e comprometida com o projeto de sociedade em curso no país. Trata-se de um projeto progressista que entende a educação como compromisso de transformação e de enriquecimento de conhecimentos objetivos capazes de modificar a vida social e de 64 atribuímos-lhe maior sentido e alcance no

conjunto da experiência humana, proposta incompatível com uma visão conservadora de sociedade. Trata-se, portanto, de uma estratégia de ação política e de transformação social (MEC, 2010, p. 10).

Entretanto, é bom ressaltar as afirmativas de Santos (2008) que elenca os seguinte marcos legais que consubstanciaram sua criação: A Escola Agrotécnica Federal de Codó/MA foi criada pela Lei 9.670, de 30 de julho de 1993 e transformada em Autarquia Federal pela Lei 8.731, de 16 de novembro de 1993, subordinada ao ministério de Educação e vinculada à Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica (SETEC), do Governo Federal nos termos do artigo 20 do anexo I ao decreto n.02.147, de 14 de fevereiro de 1997 (SANTOS, 2008 p. 15).

Deve se ressaltar ainda, que o uso de entrevistas Moroz e Gianfaldoni (2006, p. 79) afirma que esta “tem a vantagem de envolver uma relação pessoal entre pesquisador/sujeito, o que facilita um maior esclarecimento de pontos nebulosos”

Não obstante, mantendo o componente curricular de Química como o foco principal da pesquisa e sua estreita relação com a Matemática, o segundo momento definido como quantitativo, serviu para mensurar as caracterizações específicas da pesquisa monográfica, além de subsidiar as explanações, questionamentos e dúvidas dos 50 discentes entrevistados, amostragem das seis respostas que englobam as demais, os discentes foram dos períodos 2º, 3º, 4º, 6º e 8º períodos do curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão – Campus – Codó na tentativa explicitar de promover sua superação nos aspectos teórico-prático, envolvendo o Cálculo Diferencial Integral.

Tipos de Pesquisa

Considera-se que o diferencial desta pesquisa está na capacidade intersecção entre as disciplinas dos cursos superiores de licenciatura de Química e Matemática envolvidas na área de ciência exatas como a predominância metodológica quali-quantitativa no intuito de explorar / explicar melhor as questões referente ao Cálculo Diferencial Integral I, pouco aplicados, metaforicamente dizer “os territórios ainda não mapeados e /ou os horizontes inexplorados”, numa relação dinâmica entre os sujeitos e a pesquisa, e tais procedimentos técnicos com práxis didático-pedagógica que foi construída pelas entrevistas aplicados aos discentes dos períodos citados acima do curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão – Campus – Codó.

Coleta e Análise de Dados

Obtiveram-se as informações a partir de propostas metodológicas distintas (re) construindo no processo de ensino aprendizagem, o tripé: Química, Matemática e Pedagogia, pois, como o uso de entrevistas semiestruturadas, promovendo possíveis discussões na tentativa de obter uma alfabetização científica, assim os questionários direcionados aos discentes. A apuração e análise dos dados foi realizada com estimativas percentuais, relacionadas com as respostas dadas pelos discentes. O questionário foi planejado com seis questões objetivas direcionadas e com opções de comentários para valorizar o posicionamento de cada discente de forma opcional.

Instrumentos e Técnicas de Coleta de Dados

Esse trabalho de entrevista foi coletado em áudio, depois transcrito. A esse respeito, os discentes entrevistados foram sensibilizados de que suas respostas à referida entrevista eram totalmente confidenciais e que não seriam divulgados seus nomes. Ademais, desistiu que seus nomes seriam substituídos por incógnitas (Sujeito1, Sujeito2, Sujeito3, Sujeito4, Sujeito5... Sujeito50). Além disso, foram consultados documentos institucionais, entre eles o Projeto do Curso de Licenciatura em Química – IFMA – Campus Codó, alguns planos de aulas das disciplinas selecionadas pela pesquisa.

De fato, a pesquisa documental é executada em fontes como (tabelas estatísticas, cartas, pareceres, fotografias, atas, relatórios, obras originais de qualquer natureza – pintura, escultura, desenho, etc.), notas, diários, projetos de lei, ofícios, discursos, mapas, testamentos, inventários, informativos, depoimentos orais e escritos, certidões, correspondência pessoal ou comercial, documentos informativos arquivados em repartições públicas, associações, igrejas, hospitais, sindicatos (SANTOS, 2000).

Entrevista Semi-Estruturada

A técnica de apresentação das informações foram entrevistas semiestruturadas. Pois, a mesma demonstra perguntas flexíveis, ou seja, roteiro onde as questões não são rígidas, os discentes responderam as indagações e podiam prolongar suas respostas conforme sua conveniência. Na realidade, os discentes mantinham seu perfil pessoal. Logo, o pesquisador conseguiu diferenciar melhor e obter um resultado fidedigno para coletar os dados durante as entrevistas semi-estruturadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dessa pesquisa estão apresentados e divididos em quatro tópicos onde primeiro tópico demonstra a relevância do Cálculo Diferencial Integral no Curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão – Campus Codó, seguido das contextualizações didático-pedagógicas do seu ensino em Química. Logo após são analisadas as dificuldades enfrentadas pelos discentes, sob uma ótica imparcial. E por fim, destacam-se, algumas sugestões para se melhorar o ensino de Cálculo Diferencial Integral.

Relevâncias do Cálculo Diferencial Integral

Na realidade, a disciplina de Cálculo Diferencial Integral, a maioria dos discentes tem dificuldades na compreensão do conceito de limite, sendo este o primeiro contato dos alunos com a disciplina. (ANDRADE, 2008). Partindo desse pressuposto, a Cálculo Diferencial Integral é elemento curricular indispensável no curso de Licenciatura em Química. Isso fica incontestável no depoimento do discente Sujeito 15: “Sim, por que, a mesma é base para as outras disciplinas, ou seja, Cálculo II e III destaca-se também as disciplinas que ele aparece como pano de fundo: Estatística Aplicada, Física e Físico-química.”

Este, aliás, é paralela a fala do discente Sujeito 37, nem todos eles conseguem perceber essa relação entre as disciplina Cálculo, havendo inevitabilidade de proximidade entre as disciplinas, como nos trechos das falas de Sujeito 3: “Sim, por que, me ajudou muito em Física e Cálculo II, Inorgânica e outras disciplina, mas a gente não ver muita aplicabilidade nela, queria que fosse mais explorada nas disciplinas”.

Contextualizações Didático-Pedagógicas

Na verdade, segundo Santana e Andrade (2012), quando os discentes são interrogados a respeito da disciplina, afirmam que a mesma tem um elevado nível de abstração, das quais em muitas das vezes o conceito de definições tal como, limites, continuidade, derivada e integral; não são fixados ou perceptíveis através dos teoremas e axioma.

Baseados nestes fatos, percebe-se que a Matemática é uma instrumento para o aprendizagem de Química, embora é pouco a aplicada nos conceitos relacionado a Química, como pode ser afirmado na fala do discente Sujeito 1: “Tem uma forma de reduzir a não aprovação na disciplina, o professor teria que colocar mais exemplos do

cotidiano, a disciplina Cálculo, fica muito vaga, sem aplicação. Só a vemos melhor quando esta relacionada com a Química”.

O discente relata que a aplicação na Química é escassa. A esse respeito, falando com os demais discentes de Licenciatura em Química, boa parte deles, falaram que o pior problema não é a aplicação notória da disciplina no Curso de Química, e sim que os docentes de Matemática não usam normalmente aplicabilidade nos conteúdos por eles ministrados. Portanto, relata o discente Sujeito 24: “O docente não tem domínio dos assuntos aplicados na Química, Teria que ser um professor de Química para melhor compreensão”.

Dificuldades Enfrentadas Pelos Discentes

De modo geral, as palavras ditas por Santarosa e Moreira (2011, p. 347), sobre as dificuldades em aprender conteúdos interligados aos Cálculos, é o fato dos professores ensinarem os conteúdos supondo que os estudantes, já possuem conhecimentos prévios suficientes, “num nível elevado de abstração”. Outro fator relevante foi que o discente Sujeito 2 relatou: “Para redução dos índices de não aprovação na disciplina de Cálculo, tem que ser feito um nivelamento para os egressos no curso de Química”.

Nesse contexto, boas partes dos discentes chegam ao curso superior principalmente no Curso de Química com muita dificuldade relacionada à Matemática. Destaca-se também a fala do discente Sujeito 44: “Para reduzir os índices de não aprovação na disciplina de Cálculo, o IFMA deveria apresentar uma disciplina antes do Cálculo, ou seja, Pré-Cálculo”. Portanto, esses relatos confirmam a dificuldade em entendimento na disciplina que envolve Cálculo.

Na realidade, o fracasso do ensino da Matemática e as dificuldades que os alunos apresentam em relação a essa disciplina não é um fato novo, pois vários educadores já elencaram elementos que contribuem para que o ensino da Matemática seja assinalado mais por fracassos do que por sucessos (VITTI, 1999, p. 19).

Sugestões para o Ensino de Cálculo Diferencial Integral

De fato, para melhorar o entendimento do ensino de Cálculo Diferencial Integral, aos discentes do Curso de Licenciatura em Química, e dos docentes que ministram essa disciplina, uma das soluções proposta nesse estudo seria estabelecer ligação direta entre o Cálculo e a Química, ou seja, estreitando esses conhecimentos,

para que haja, uma compreensão melhor e mais proveitosa. Como podemos perceber na fala o Discente Sujeito 13: “Só podemos melhorar esse ensino mecânico nessa disciplina se o Professor aproximar mais o Cálculo da realidade de Química”.

Ademais, relatos de melhoria nessa disciplina, foi observado o fato que quanto na sala de aula tem um monitor, que se auxiliam os discentes, onde esclarecessem os questionamentos tirando dúvidas das atividades propostas pelo docente há uma melhora significativa na relação didática pedagógica (docente/discente). Ao tema em questão, o discente Sujeito 34 relatou: “Eu acredito que a solução para um esclarecimento melhor era que na sala de aula tivesse um monitor para ajudar os alunos, um não dois ou mais...”.

Dentro desta proposta relacionada é inclusão de algumas disciplinas de Química, para futuros docentes no curso de Licenciatura em Matemática.

Entendemos que esses estudantes, futuros professores de Matemática precisam conhecer as dificuldades em conteúdos Matemáticos que são apresentadas pelos recém-egressos do Ensino Médio, para poder, futuramente, atender seus alunos em relação às mesmas dificuldades básicas que vêm sendo detectadas nos atendimentos realizados (AZAMBUJA; MÜLLER; GONÇALVES, 2008, p. 349).

Essa coerência discursiva, por sua, é reforçada pela fala do Discente Sujeito 17: “Para melhorar o entendimento na disciplina Cálculo Diferencial que o professor de Matemática tivesse conhecimento prévio da disciplina de Química Geral...”.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As estratégias metodológicas associadas às etapas de revisão de literatura, estudo de caso e pesquisa de campo realizado em fontes documentais e orais traduzidos nas entrevistas reforçaram a construção a partir do aporte teórico do trabalho de conclusão de curso defendido no ano de 2018 (sem Pandemia da COVID-19) com a pesquisa em andamento no Programa de Pós-Graduação *Latu Senso* em Ensino de Ciências e Matemática do IFMA (em tempos de Pandemia da COVID-19). Portanto, as intervenções metodológicas aplicadas no decorrer das explicações que aproximaram o Cálculo Diferencial Integral I com as disciplinas de Inorgânica I e II, Físico-química I e II, Elementos da Química Quântica e Cinética Química. De fato, ao utilizar o formalismo matemático em suas explicações/explanações, os docentes da referida

disciplina, necessitam do uso de materiais didáticos voltados para o Ensino da Química e referencial bibliográfica com exemplos da aplicação do Cálculo com a Química para dar subsídios na discussão e contextualização de suas aulas para os discentes do Curso de Licenciatura em Química, independentemente do período acadêmico vivenciado.

REFERÊNCIAS

AZAMBUJA, C. R. J.; MÜLLER, M. J.; GONCALVES, N. S. **Cálculo diferencial e integral I: superando barreiras para promover a aprendizagem** In: AUDY, J. L. N.; MOROSINI, M. C. *Inovação e qualidade na universidade: boas práticas na PUCRS*. Porto Alegre: EdIPUCRS, p. 346-373, 2008.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. *Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química*. Parecer n. CNE/CES 1.303/2010. Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/sesu/arquivos/pdf/130301Quimica.pdf>>. Acesso em junho de 2018.

CARDOSO, S. P.; COLINVAUX, D. Explorando a Motivação Para Estudar Química. **Química Nova**, v. 23, n. 3, p. 401-404, 2000.

COELHO. M. B. M; ALVES. R. M. S.; CARVALHO. A. A.; ROJAS. M. O. A. I; BARROS. S. B. A. – **PROJETO do curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão** – Campus Codó – Maranhão, 2012.

DOS SANTOS ALMEIDA, Célio; NEVES, Bianca Ferreira; DE LIMA YAMAGUCHI, Klenicy Kazumy. RELATO DE EXPERIÊNCIA: PROBLEMÁTICAS E ESTRATÉGIAS PARA O ENSINO DE QUÍMICA. **Pensar Acadêmico**, v. 20, n. 1, p. 80-92, 2022.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. 50. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2011.
FRECKI. F. B; PIGATTO. P; **Dificuldades na aprendizagem de Cálculo Diferencial e Integral na Educação Tecnológica**: proposta de um Curso de Nivelamento. I Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia, São Paulo – 2009 ISBN: 978-85-7014-048-7. 8p.
GARCIA, FERNANDA HART; GARCIA, DENIS DA SILVA. As TICs como aliadas na compreensão das relações entre a Química e a Matemática. 34º Encontro de Debates sobre o Ensino de Química. Universidade de Santa Cruz do Sul, 2014.p.p. 773-776
JAPIASSU, H. **Interdisciplinaridade e patologia do saber**. Rio de Janeiro: Imago, 1976.

MALTA, I. **Linguagens, Leitura e Matemática**, In Cury, H. N. Disciplinas Matemáticas em cursos Superiores: Reflexões, Relatos, Propostas. Porto Alegre, EDIPUCRS, p. 41- 62, 2004.

MELLO, M.H.C.S., FERNANDES, J.S. **Mudanças no Ensino de Cálculo I: Histórico e Perspectivas**. Cobenge, Porto Alegre, RS, 2001.

MORAES, C.A.;JUNIOR, J. G. T. Reflexões sobre o Ensino de Cálculo Diferencial e Integral em Curso de Graduação em Química. **Revista Eletrônica da Divisão de Formação Docente**, V. 2, n. 1, 2014.

MOROZ, M.; GIANFALDONI, M. H. T. A. **O Processo de Pesquisa: Iniciação**. 2ª Edição. Brasília: Liber Livro, p.78-79, 2006.

NERY, A. L. P.; LIEGEL, R. M.; FERNANDEZ, C. Um olhar crítico sobre o uso de algoritmos no Ensino de Química no Ensino Médio: a compreensão das transformações e representações das equações químicas. **Revista Electronica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, n. 3, p. 587-600, 2007.

REIS, F da S. **Discutindo a Relação Entre Rigor e Intuição no Ensino de Cálculo e de Análise: Uma Contribuição Para o Debate em Educação Matemática no Ensino superior**. XXVI Reunião Latinoamericana de Matemática Educativa. Belo Horizonte, 2012.

SANTOS, A. R.; KUBRUSLY, R. S.; BIANCHINI, W. **Mathlets: Applets Java para o Ensino de Matemática**; Anais II HTEM; UERJ: Rio de Janeiro, 2004.

SANTAROSA, M. C. P.; MOREIRA, M. A. O Cálculo nas Aulas de Física da UFRGS: Um Estudo e Exploratório. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, v.16, n. 2, p.317-351, 2011.

SILVA. M. A; AQUINO. L. R. C; CAVALCANTE. F. L; MACEDO. A. A. M; MACEDO. L. N. **Dificuldades de Aprendizagem na Disciplina de Cálculo Diferencial e Integral**: estudo de caso com alunos do curso de licenciatura em química. Quixadá Ceara – 2015.

SILVA, C. T. **Cobalto e seus compostos**: um olhar para o ensino de química. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia – Graduação em Ciências), Universidade Federal de São Paulo, 2022.

SOUZA, F. L. **FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE QUÍMICA**: entre o dito e o prescrito. Tese de Doutorado. UFMT, 2017.

TALL, D. **Advanced Mathematical Thinking**. New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow : Kluwer Academic Publishers, 2002.

VITTI, C. M. **Matemática com prazer, a partir da história e da geometria**. 2ª edição. Editora UNIMEP. São Paulo, 1999.

ZUCCO, C.; PESSINE, F. B. T.; ANDRADE, J. B. Diretrizes Curriculares Para os Cursos de Química. **Revista Química Nova**, v. 3, n. 22, p.454-461, 1999.

Recebido em: 28/02/2022

Aprovado em: 25/03/2022

Publicado em: 30/03/2022