



## C A P Í T U L O 3

# EQUAÇÕES DO 1º GRAU E A CURVA DE CALIBRAÇÃO

Renan Gustavo Coelho de Souza dos Reis

João Paulo Trevizan Baú

**PALAVRAS-CHAVE:** Corantes; Espectro visível; Química Algébrica.

## INTRODUÇÃO

Conceitos básicos de aritmética são apresentados aos discentes desde os primeiros anos escolares, sendo estes a adição, subtração, multiplicação e divisão. Tais conceitos são requisitos básicos para o ensino de álgebra, área cuja utiliza-se de letras para representar números (incógnitas) mediante funções matemáticas objetivando a resolução de equações.

As relações matemáticas estão dialogam com as leis empíricas, relacionando pelo menos duas grandezas, descritas por uma função (equação). Como exemplo, a segunda lei de Newton prediz que a força ( $\vec{F}$ ) resultante em um sistema, apresenta uma relação diretamente proporcional com uma aceleração ( $\vec{a}$ ), ou seja,  $\vec{F} \propto \vec{a}$ .

No entanto, para que estudantes tenham maiores condições de compreender estes conceitos de proporcionalidade é preciso buscar significação no objeto em questão. A apresentação de situações de seu cotidiano profissional pode promover no estudante um estímulo ao aprendizado de maneira mais ativa.

A dificuldade de compreensão dos conceitos prévios de matemática (aritmética e álgebra), ocasiona em adversidades na aprendizagem nas turmas dos anos iniciais de cursos de graduação, nos quais envolvem a utilização de conceitos aritméticos e algébricos, sendo inclusive carregados ao longo da vida acadêmica (de Jesus Masola *et al.*, 2016).

David Paul Ausubel, relaciona a aprendizagem em dois eixos; **i)** aprendizagem significativa e; **ii)** aprendizagem memorística (Pelizzari *et al.*, 2002). Para Ausubel, a aprendizagem torna-se significativa à medida que um dado conteúdo se relaciona à estrutura cognitiva do aluno, ou seja, criam-se relações com conhecimentos prévios.

Relações de leis empíricas são expressas por meio de equações, que possuem números, letras e apresentação verbalizada, ocasionando aos estudantes diversas dificuldades e até mesmo desmotivação. Assim, o ensino por intermédio da aprendizagem significativa pode auxiliar na superação desse obstáculo.

O conceito de linearização de equações, bem como a utilização de curvas analíticas de calibração é expressa no dia a dia de análises laboratoriais como por exemplo: quantificação de analito em amostras aquosas, determinação de íons e/ou contaminantes orgânicos mediante técnicas de absorção de luz na região do ultravioleta e visível, a espectrofotometria UV/Vis.

Com relação a técnica de espectrofotometria UV/Vis, uma vez que o aumento da concentração de um analito produz uma maior intensidade na coloração da solução, é possível avaliar sua absorção de luz, mediante uma correlação linear com a concentração da solução.

Descreve-se a Lei de *Lambert-Beer* como  $A = \epsilon bc$ , sendo “A” a absorbância da amostra, “ $\epsilon$ ” o valor da absorvidade molar, característico para cada substância, “b” distância do caminho ótico percorrido pelo feixe, “c” a concentração da amostra em solução. Esta última é dada pela relação  $c = \frac{m}{V}$ , na qual “m” representa a massa da amostra, e “V” o volume da solução (Skoog *et al.*, 2006)

O presente capítulo objetiva relacionar os conceitos algébricos com a aplicação experimental de absorção de luz na região do visível, espectrofotometria UV/Vis, para estudantes que cursaram as disciplinas de Química Geral e Química Experimental ambas ofertadas aos alunos do 1º período do curso de Tecnologia em Produção Sucroalcooleira da Universidade o Estado de Minas Gerais na Unidade de Acadêmica de Ituiutaba no final do primeiro semestre de 2024. O curso permite aos discentes ao ingressarem no mercado de trabalho atuação em usinas de produção sucroalcooleira, além atuação em outras atividades laboratoriais dentro do controle de qualidade, e desenvolvimento de pesquisas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Após a elaboração e realização de aulas expositivas na disciplina de Química Geral do primeiro período do curso de Tecnologia em Produção Sucroalcooleira, com a introdução aos conceitos de soluções (tipos de concentrações e diluições) a turma do primeiro período do curso na disciplina de Química Experimental foi submetida

a uma prática envolvendo análises colorimétricas. Posteriormente outros exemplos de aplicações da espectrofotometria na região do ultravioleta e visível do espectro eletromagnéticos foram aplicados aos discentes.

## Preparo das soluções

A partir de 25 mL de uma solução estoque com a concentração de 200 mg/L do corante alaranjando de metila, realizaram-se diluições para o preparo de oito soluções com concentrações variando entre 20 µg/L até 140 µg/L. Utilizou-se o analito corante alaranjado de metila da marca *Neon*, sem tratamento prévio.

## Espectrofotometria UV/Vis

Realizaram-se as medidas de espectrofotometria em um espectrofotômetro UV/Vis da marca *Shimadzu*, em cubetas de quartzo com volume 3 mL. Efetuou-se a varredura no comprimento de onda na região visível do espectro entre 400 e 750 nm. A técnica de espectrofotometria consiste na medida da absorbância (A) frente a variação do comprimento de onda ( $\lambda$ ), aplicado pelo feixe de luz do espectrofotômetro. O tratamento experimental dos dados foi realizado com o software *LabPlot 2.11.1*.

## Tratamento dos dados

Com base nos valores máximos de absorbância para cada concentração foi possível correlacionar esses dados com suas concentrações. Criou-se, deste modo, uma curva analítica de calibração, o qual possibilitou a compreensão da utilização de equações de primeiro grau. Por fim, com a finalidade de confirmar a eficiência da curva de calibração, foram preparadas duas novas amostras de concentrações conhecidas.

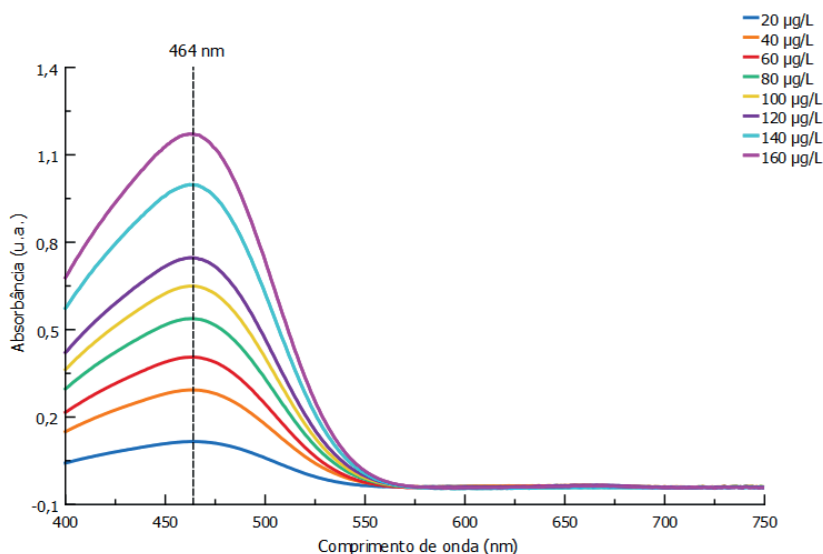
Dois exercícios foram aplicados objetivando avaliar a construção dos conhecimentos acerca da álgebra aplicada à espectrofotometria UV/Vis. Estes exercícios foram realizados e discutidos no laboratório de informática da UEMG, Unidade Acadêmica de Ituiutaba, mediante o software *LibreOffice*.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 1 apresenta os espectros na região do visível para as soluções de alaranjado de metila em diferentes concentrações (20; 40; 60; 80; 100; 120; 140 e 160 µg/L). Com base nos espectros obtidos para cada uma das concentrações apresentados na Figura 1, duas características foram observadas. Primeiro, a análise qualitativa apresenta comportamento similar indicando que o perfil de um mesmo material, pois todos os espectros possuem o mesmo perfil de absorção da radiação

visível. Observa-se a presença de um ombro largo entre 400 e 520 nm, com o pico em 464 nm de valor máximo de comprimento de onda ( $\lambda_{\text{max}}$ ). Em segundo lugar, a caracterização qualitativa permite verificar que a redução do valor máximo de absorbância está diretamente relacionada com o decréscimo da concentração do analito em solução. Portanto, quanto menor a concentração da solução, menor será a intensidade da banda em 464 nm,

Figura 1 – Espectros do corante alaranjado de metila na região do Visível



Espectros do corante alaranjado de metila na região do Visível em diferentes concentrações de 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 e 160 µg/L. Fonte: elaborado pelos autores (2024).

A partir dos dados qualitativos correlacionam-se as intensidades de Absorbância (eixo das ordenadas, Y), para cada concentração (eixo das abscissas, X), encontrados nos valores de comprimento de onda máximo ( $\lambda_{\text{max}}$ ), conforme apresentados na Tabela 1. Verifica-se que o aumento da concentração resulta no aumento do valor de Absorbância.

A Figura 2 representa a aplicação dos dados apresentados na Tabela 1 mediante uma curva linear que representa a denominada de curva analítica de calibração, uma aplicação da Lei de *Lambert-Beer* para soluções diluídas, verificando a validade da equação  $A = \epsilon bc$ . Toda equação linear é uma equação do 1º grau descrita  $y = ax + b$ . Na qual “y” representa a ordenada enquanto “x” indica a abscissa, “a” representa o coeficiente angular da reta, “b” o coeficiente linear.

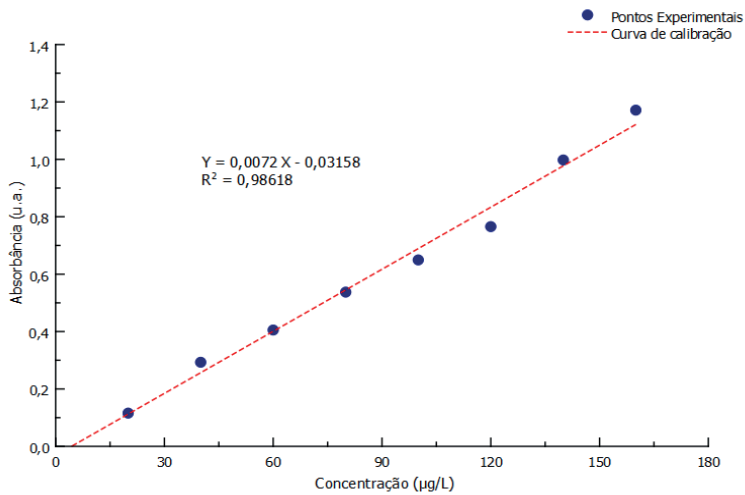
Tabela 1 – Valores de concentração e intensidade de absorbância.

Concentração (µg/L)	Absorbância (u.a.)
20	0,11578
40	0,29300
60	0,40532
80	0,53743
100	0,64953
120	0,76560
140	0,99783
160	1,17144

Relação entre concentrações das amostras e os valores de absorbâncias para  $\lambda = 464mm$ . Fonte: elaborado pelos autores (2024).

Por similaridade, o coeficiente angular “a” gerado pela equação indica a multiplicação “ $\epsilon b$ ”, por outro lado, a variável independente “x” é relacionada com os valores conhecidos de concentrações “c”. O valor da variável dependente “y” (Absorbância) é medido experimentalmente. Enquanto que o coeficiente linear “b” indica o valor no qual a equação encontra o eixo “y”.

Figura 2 – Curva analítica de calibração para soluções de alaranjado de metila



Curva analítica de calibração para soluções de alaranjado de metila para  $\lambda = 464mm$ . Fonte: elaborado pelos autores (2024).

A equação gerada neste experimento para a Lei de *Lambert-Beer* é  $A = 0,0072 \cdot x$ . De acordo com a relação apresentada, o coeficiente angular apresenta valor de  $0,0072 \text{ L mol}^{-1}$ , e a equação apresenta um valor estatístico, o coeficiente de determinação, de  $R^2$  igual  $0,98618$ , próximo ao valor unitário, indicando que a equação apresenta boa correlação com os pontos experimentais. Ademais, o valor para o coeficiente linear, “b”, foi de  $-0,03158$ . Portanto, a equação de reta é  $y = 0,0072 \cdot x - 0,03158$ .

A partir dos resultados apresentados se faz necessário a demonstração do uso da curva de calibração, então duas outras soluções de concentração conhecidas foram analisadas. Respectivamente, com as soluções com concentração de  $55 \mu\text{g/L}$  e  $107 \mu\text{g/L}$ , foram realizadas as leituras no espectro. De acordo com a equação da reta, obtida por regressão linear, os valores calculados seriam de  $0,39655$  e  $0,77417$  respectivamente. Experimentalmente, os valores foram  $0,39286$  e  $0,76939$  respectivamente, encontrando um erro experimental na ordem de  $0,6\%$ .

Com base em toda a discussão dos resultados os dois grupos presentes na prática realizaram o preparo das soluções amostrais, com a leitura no espectrofotômetro foi possível verificar que os valores encontrados estiveram de acordo com os valores das soluções preparadas.

Para a aplicação e compreensão final dos conceitos foram discutidos dois exercícios, realizados no laboratório de informática, nos quais os discentes com dados tabelados deveriam criar curvas de calibração e verificar valores de duas amostras.

Quadro 01 – Exercício proposto 01.

Exercício 1: Na determinação de uma proteína pelo método de Bradford, a cor de um corante muda de marrom para azul a (medida pela absorbância da luz em um comprimento de onda de 595 nm) é proporcional à concentração de proteína presente. Uma amostra desconhecida de proteína forneceu uma absorbância corrigida de 0,385. Calcule quantos microgramas de proteína estão na amostra.

Proteína (µg)	Absorbância (595 nm)
0,00	0,00
9,36	0,210
18,72	0,417
28,08	0,620
37,44	0,814

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

## Quadro 02 – Exercício proposto 02.

Exercício 02: Os dados que seguem representam **áreas** relativas de picos obtidas para cromatogramas de soluções padrão de metilvinilcetona (MVC). Para uma amostra contendo MVC gerou uma leitura de 10,3. Qual seria a concentração de MVC?

Concentração de MMC, mmol/L	Área relativa do pico
0,50	3,76
1,50	9,16
2,50	15,03
3,50	20,42
4,50	25,33
5,50	31,97

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Os discentes plotaram a curva de calibração utilizando o *software LibreOffice* e então realizaram a aplicação da equação da reta para calcular o valor da amostra em ambos os experimentos.

A avaliação da compreensão dos estudantes obedeceu aos seguintes critérios: **Insatisfatório** (não compressão da atividade): dificuldades ou não realização da plotagem da curva de calibração; **Satisfatório** (entendimento do processo): compreensão do princípio matemático, mas não da aplicação para a finalização do cálculo da concentração; **Êxito** (Comprovação do valor de concentração amostral): Finalização da atividade com a comprovação do exercício realizado.

Apenas dois estudantes tiveram **índice** insatisfatório, ao tentar plotar o gráfico, sendo em ambos os casos a dificuldade atribuída a má interpretação das tabelas apresentadas. Outros dois estudantes obtiveram resultados satisfatórios, compreenderam a criação de curva, porém apresentaram problemas ao aplicar os valores nas equações, fator que pode ser atribuído a uma má formação das operações matemáticas básicas. Enquanto cinco alunos conseguiram **êxito** na obtenção dos resultados das atividades.

## CONCLUSÕES

Está proposta de atividade experimental confirma a aplicabilidade da Lei de *Lambert-Beer* por meio de soluções diluídas de alaranjado de metila. Torna-se possível a demonstração da correlação linear entre a absorbância e a concentração do analito em solução. A partir do experimento realizado e a demonstração da aplicação de equações de 1º grau, permitiu-se que a compreensão de princípios de álgebra básica

seja facilitada. Com a aplicação experimental foi possível verificar o crescimento da compreensão e assimilação de teoria e prática, assim como uma aquisição de conhecimento por boa parte da turma na qual a metodologia foi aplicada.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao analista técnico Dr. Alessandro Nunes Colin pela gentileza em ceder o laboratório de ensino de química da Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade Acadêmica de Ituiutaba, no bloco A, para realização dos experimentos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DE JESUS M., W.; ALLEVATO, N. S. G. **Dificuldades de aprendizagem matemática de alunos ingressantes na educação superior**. Revista Brasileira de Ensino Superior, v. 2, n. 1, p. 64-74, 2016. DOI: 10.18256/2447-3944/rebes.v2n1p64-74

LABPLOT TEAM. **LabPlot: A FREE, open source, cross-platform Data Visualization and Analysis software accessible to everyone**, (Version 2.10.0) [Computer software], 2024. Disponível em: <https://labplot.kde.org>. Acesso em: 04 mai. 2025.

PELIZZARI, A.; KRIEGL, M. L.; BARON, M. P.; FINCK, N. T. L.; DOROCINSKI, S. I. **Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel**. Revista PEC, v. 2, n. 1, p. 37-42, 2002.

SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R. **Fundamentos de química analítica**. 1. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2006.