



FERRAMENTAS EDUCATIVAS DIGITAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA ANALÍTICA

DIGITAL EDUCATIONAL TOOLS FOR TEACHING ANALYTICAL CHEMISTRY

Jose Weliton Aguiar Dutra¹, Antônio Marcos Dias Moreira², Álvaro Itauna Schalcher Pereira³, Francisco Adelson Alves Ribeiro⁴, Mariano Oscar Aníbal Ibañez Rojas⁵, Danielma dos Santos Moreira⁶, Isaque Pinho dos Santos⁷, Elizondildo Ferreira dos Reis⁸, Erisvaldo Silva de Oliveira⁹, Joselson Rodrigues da Silva¹⁰

e321101

<https://doi.org/10.47820/recima21.v3i2.1101>

RESUMO

A Química Analítica é uma parte da Química responsável pela identificação e quantificação de espécies químicas por meio do uso de métodos e técnicas quali e quantitativas empregadas em Análises Químicas. A presente pesquisa surgiu do anseio de contribuir para o processo de ensino e aprendizagem de Química Analítica por meio do emprego das ferramentas digitais disponíveis mediante as Tecnologias da Informação e Comunicação, TIC's, em especial no ensino do conteúdo Equilíbrio Químico e Volumetria (ou Titulação), conceitos centrais no estudo de Química Analítica e que causam dificuldades de aprendizagem nos discentes do Ensino Superior. Para isso, baseado em Prospecção Científica e em Pesquisa Bibliográfica, apresentou-se exemplos de ferramentas Gráficas e Planilhas Eletrônicas criadas no *Microsoft Excel®* e distribuídas gratuitamente para serem usadas no ensino de conceitos de Equilíbrio Químico e Volumetria. Apresentou-se quatro ferramentas digitais disponíveis gratuitamente, que podem auxiliar no ensino e aprendizagem dos conteúdos Titulações (*TitSim*, *TitGer* e *CurTiPlot*) e Equilíbrio Químico (*AlfaDist*) por meio da Simulação Gráfica a partir do uso da Planilha Eletrônica do Programa *Microsoft Excel®*, visando auxiliar os discentes e docentes na aprendizagem e ensino do conteúdo Titulações, seguindo uma abordagem baseada no emprego dos Métodos Gráficos e Planilhas Eletrônicas para facilitar a compreensão das abordagens matemáticas e cálculos envolvidos no seu estudo por meio da visualização de Curvas de Titulação e suas variações.

PALAVRAS-CHAVE: Métodos Gráficos. Planilhas Eletrônicas. Graduação

ABSTRACT

Analytical Chemistry is a part of Chemistry responsible for identifying and quantifying chemical species through the use of qualitative and quantitative methods and techniques employed in Chemical Analysis. This research arose from the desire to contribute to the teaching and learning process of Analytical Chemistry through the use of digital tools available through Information and Communication Technologies, TIC's, especially in the teaching of Chemical Balance and Volumetry (or Titration) content, central concepts in the study of Analytical Chemistry and that cause learning difficulties in higher education students. For this, based on Scientific Prospecting and on Bibliographic Research, examples of graphic tools and Electronic Spreadsheets created in Microsoft Excel® and freely distributed to be used in teaching concepts of Chemical Balance and Volumetry were presented. Four digital tools available for free were presented, which can help in teaching and learning the contents of Titrations (TitSim, TitGer and CurTiPlot) and Chemical Equilibrium (AlfaDist) through Graphical Simulation using the Electronic Spreadsheet of the Microsoft Excel® Program, aiming to assist students and teachers in learning and teaching the content of Titration, following an approach based

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA), Codó, Maranhão, Brasil

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA), Codó, Maranhão, Brasil

³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA), Codó, Maranhão, Brasil

⁴ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA), Codó, Maranhão, Brasil

⁵ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA), Codó, Maranhão, Brasil

⁶ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA), Codó, Maranhão, Brasil

⁷ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA), Codó, Maranhão, Brasil

⁸ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA), Codó, Maranhão, Brasil

⁹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA), Codó, Maranhão, Brasil

¹⁰ Secretaria de Educação do Estado do Maranhão (SEDUC), Maranhão, Brasil



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

FERRAMENTAS EDUCATIVAS DIGITAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA ANALÍTICA
Jose Weliton Aguiar Dutra, Antônio Marcos Dias Moreira, Álvaro Itana Schalcher Pereira, Francisco Adelson Alves Ribeiro,
Mariano Oscar Anibal Ibañez Rojas, Danielma dos Santos Moreira, Isaque Pinho dos Santos,
Leonildo Ferreira dos Reis, Erisvaldo Silva de Oliveira, Joselson Rodrigues da Silva

on the use of Graphic Methods and Spreadsheets to facilitate the understanding of the mathematical approaches and calculations involved in their study, through the visualization of Titration Curves and their variations.

KEYWORDS: *Graphic Methods. Spreadsheets. University graduate*

INTRODUÇÃO

Ainda existem Instituições de Ensino que se utilizam das metodologias predominantemente tradicionais como prerrogativa para o processo educativo, considerando a ideia de que o conhecimento está centrado apenas no professor, responsabilizando apenas ele para atingir o estudante, que, por sua vez, recebe as informações de forma passiva e, comumente, desinteressado. Cabe ressaltar que essas metodologias de ensino aniquilam a ação dos alunos, que se tornam apenas ouvintes e espectadores do processo (RAIMOND; RAZZOTO, 2020). Assim, deve-se buscar novas metodologias de ensino, visando tornar o aluno um agente ativo e protagonista do seu próprio processo de ensino e aprendizagem.

Muitas pesquisas da área do ensino de Química têm se dedicado a buscar novas abordagens para o ensino de conceitos químicos, isto devido ao fato de que as disciplinas de Química muitas das vezes são vistas, até mesmo pelos próprios licenciandos em Química, como algo maçante e pouco atrativo (MARCELO *et al.*, 2016). A compreensão dos conceitos químicos realmente exige vários conhecimentos da própria área, pois apresenta uma linguagem própria, estrutura e conceitos específicos, detalhados e abstratos, exigindo uma maior dedicação e atenção no seu ensino. Observa-se então que o ensino de Química necessita propiciar uma abordagem que pretenda construir o conhecimento dos conceitos científicos por meio de dinâmicas e atividades que tenham um maior significado para os alunos (FAGUNDES *et al.*, 2021).

No ensino superior, o ensino de Química é organizado tradicionalmente em conteúdos específicos, sendo divididos em disciplinas específicas para cursos de Química e áreas afins, a saber: Química Inorgânica, Orgânica, Analítica, Físico-Química, entre outras. Entre as disciplinas citadas, destaca-se a Química Analítica, uma parte da Química responsável pela identificação e quantificação de espécies químicas por meio do uso de métodos e técnicas quali e quantitativas empregadas em Análises Químicas.

Apresenta-se como uma ciência que faz parte das Ciências Exatas e da Terra e integra muitas outras, como as Ciências da Saúde, as Biológicas, as Agrárias e as Ciências Humanas. Salieta-se ainda que o seu ensino, como disciplina, é imprescindível para a formação de profissionais em diferentes áreas da Ciência.

Esta ciência está presente nos currículos das Instituições de Ensino Superior (IES) que oferecem o curso de Química (licenciatura e bacharelado), bem como em outros cursos afins, como o de Farmácia, Engenharias, Ciências Biológicas etc. Isso decorre do fato dessa ciência, como afirma Souza (2016), não apenas poder fazer a identificação e quantificação de substâncias, por diferentes



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

FERRAMENTAS EDUCATIVAS DIGITAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA ANALÍTICA
Jose Weliton Aguiar Dutra, Antônio Marcos Dias Moreira, Álvaro Itana Schalcher Pereira, Francisco Adelson Alves Ribeiro,
Mariano Oscar Anibal Ibañez Rojas, Danielma dos Santos Moreira, Isaque Pinho dos Santos,
Leonildo Ferreira dos Reis, Erisvaldo Silva de Oliveira, Joselson Rodrigues da Silva

métodos, como também aplicar essas informações em diversas áreas do conhecimento, tais como: Medicina, Biologia, Engenharia, Agronomia, dentre outras.

Os estudos da Química Analítica, de forma específica, subdividem-se em Química Analítica Qualitativa, Química Analítica Quantitativa e Análise Instrumental. Essas disciplinas contemplam aulas teóricas e práticas em laboratório, atentando às teorias envolvidas e especialmente suas aplicações a partir de diferentes Métodos Analíticos utilizando-se de experimentações (ALVIM; ANDRADE, 2006).

Sobre a composição curricular da disciplina de Química Analítica qualitativa, Lima e Cunha (2019, p. 3) afirmam que:

No componente curricular de Química Analítica Qualitativa são aprofundados os conceitos fundamentais relacionados aos principais equilíbrios químicos, ácido-base, precipitação, complexação e óxido-redução. Estes conceitos, os estudantes já estudaram em disciplinas anteriores como Química Geral e Química Inorgânica, nas quais o estudo foi realizado de forma ampla.

Na maioria dos casos, os currículos dessa disciplina envolvem a apresentação do Equilíbrio Químico e suas aplicações nos sistemas Ácido-Base, de Precipitação, Complexação e de Óxido-Redução (CALEFI, 2010). Ademais, estuda-se as principais métodos e Técnicas da Análise Química Analítica Qualitativa e Quantitativa, Clássica e Instrumental.

Entretanto, segundo Lima e Cunha (2019), a Química Analítica, no ensino superior, é um dos componentes curriculares mais “temidos”, sendo que a sua maior dificuldade reside no ensino e aprendizagem de Equilíbrio Químico, que é o conteúdo central dessa disciplina. A dificuldade de aprendizagem dos conteúdos relacionados ao Equilíbrio Químico também é ressaltada na literatura, a exemplo de Sousa (2016) e Lima (2012).

Uma das dificuldades no seu ensino reside no fato de envolver um conjunto complexo de relações entre quantidade de espécies químicas presentes em equilíbrio e, também, entre estas relações e outras variáveis como Temperatura, Pressão e Adição ou Remoção de substâncias ao sistema químico (LIMA; CUNHA, 2019). Este tema é considerado complexo e sua compreensão se faz necessária para a fundamentação de várias discussões que levam ao entendimento de fenômenos e processos, articulando vários temas, como Reação Química, Reversibilidade de Reações, Cinética Química, entre outros (TESERPALIS; KOUSATHANA; NIAZ, 1998; MENDONÇA; JUSTI; FERREIRA, 2005).

Uma sugestão satisfatória para abordagem de temas complexos que, além de não causar interesse na maioria dos alunos, dificilmente são compreendidos apenas com as teorias de livros didáticos, são as atividades dinâmicas (RODRIGUES *et al.*, 2021). Neste sentido, pesquisas científicas vêm sendo realizadas buscando melhorar o processo de ensino e aprendizagem de Química Analítica por meio do emprego das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC's), destacando-se os recursos digitais disponíveis e a facilidade de acesso e uso por parte de discentes



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

FERRAMENTAS EDUCATIVAS DIGITAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA ANALÍTICA
Jose Weliton Aguiar Dutra, Antônio Marcos Dias Moreira, Álvaro Itana Schalcher Pereira, Francisco Adelson Alves Ribeiro,
Mariano Oscar Anibal Ibañez Rojas, Danielma dos Santos Moreira, Isaque Pinho dos Santos,
Leonildo Ferreira dos Reis, Erisvaldo Silva de Oliveira, Joselson Rodrigues da Silva

e docentes. As TIC's podem ser ferramentas diferenciais ao possibilitarem que o processo de ensino e aprendizagem seja ampliado em tempo, na apresentação de imagens com cores e dinamismo, no acesso a uma maior gama de informações e na promoção de interações entre os agentes que compartilham o conhecimento (SOUZA, 2016).

Em particular, melhoram o cumprimento de algumas dessas boas práticas, permitindo a criação de um ambiente adequado para alunos e professores, bem como o desenvolvimento de novos materiais didáticos, o que implica uma melhoria qualitativa no Ensino Superior (MARTÍN-FERNÁNDEZ *et al.*, 2016). Sabendo das suas potencialidades e das problemáticas no ensino de Química Analítica, nesta perspectiva, este estudo surgiu da necessidade de contribuir na melhoria do processo de ensino e aprendizagem dessa disciplina, em especial no ensino de Equilíbrio Químico e Volumetria (ou Titulação), conceitos centrais no estudo de Química Analítica e que causam muitas dificuldades de aprendizagem nos discentes do Ensino Superior, por meio do emprego das ferramentas digitais disponíveis, tendo em vista o emprego das TIC's.

O presente artigo, desenvolvido a partir de Prospecção Científica e Pesquisa Bibliográfica, apresenta exemplos de Ferramentas Gráficas e Planilhas Eletrônicas já disponíveis gratuitamente para serem usadas no ensino de conceitos de Equilíbrio Químico e Volumetria (titulações), e na Pesquisa Científica Laboratorial/Experimental.

AS TIC'S NO ENSINO DE QUÍMICA ANALÍTICA

No processo de ensino e aprendizagem, os docentes lançam mão de diversas estratégias como instrumentos para contribuir no desenvolvimento dos alunos, normalmente durante uma sequência didática. Neste sentido, destacam-se os recursos didáticos, que são considerados ferramentas de apoio importantes e essenciais para o fortalecimento do ensino, pois fornecem sistematicamente feedback sobre o processo de ensino-aprendizagem (OSWALDO, 2020). Cabe destacar que os recursos e materiais didáticos são todo conjunto de elementos, ferramentas ou estratégias que o professor utiliza, ou pode utilizar, como suporte, complemento ou ajuda na sua tarefa pedagógica (SÁNCHEZ, 2012).

Entre os recursos e materiais didáticos disponíveis, verifica-se a incorporação e utilização das ferramentas digitais decorrentes das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC's) na Educação como ferramentas a serviço de seus objetivos. Martín-Fernández *et al.*, (2016) destacam que a incorporação de novas tecnologias na prática docente por meio da ampla variedade de ferramentas disponíveis (fóruns de alunos, fóruns de comunicação com professores, chats ao vivo, blogs, etc.), permite a aplicação de metodologias próximas à pesquisa para a aprendizagem dos alunos e desenvolvimento de conteúdos colaborativos.

As TICs são o avanço de uma sociedade que muda continuamente e a educação não é um exceção, os alunos são entidades ativas do mesmo e estando em maior contato, o professor pode direcionar essa relação em seu benefício, uma vez que a tecnologia, como tal, facilita os processos, além de expandir recursos, conteúdos e



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

FERRAMENTAS EDUCATIVAS DIGITAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA ANALÍTICA
Jose Weliton Aguiar Dutra, Antônio Marcos Dias Moreira, Álvaro Itana Schalcher Pereira, Francisco Adelson Alves Ribeiro,
Mariano Oscar Anibal Ibañez Rojas, Danielma dos Santos Moreira, Isaque Pinho dos Santos,
Leonildo Ferreira dos Reis, Erisvaldo Silva de Oliveira, Joselson Rodrigues da Silva

metodologias, e o melhor uso do tempo, no campo educacional, contribui para a geração de competências e não simplesmente reproduzindo conceitos, aplicando teorias que não se concentram apenas no professor, mas o aluno (OSWALDO, 2020, p. 9, traduzido pelos autores).

Cabe ressaltar que se busca no momento meios para superar o Modelo Escolar baseado no Ensino Tradicional. Crosetti *et al.*, (2021) afirmam que o Ensino Tradicional se utiliza da metodologia de transmissão de conhecimento do docente para o discente, que o recebe de forma meramente passiva, o que não cabe mais diante das novas demandas para melhoria do processo educacional no Ensino Superior, especialmente no ensino de Ciências. Busca-se uma aprendizagem baseada no processo de construção progressiva do conhecimento com o uso de instrumentos, mediadores e a participação ativa do discente.

Neste sentido, a integração das TIC's facilita os aspectos relacionados à melhoria do trabalho individual, autonomia do aluno, a facilidade de desenvolver o trabalho em equipe e colaborativo, a possibilidade de modificar e adaptar métodos de avaliação e a interação entre os professores e alunos (BARRERA; MULLO, 2018). Além disso, para outros autores, o emprego dessas ferramentas permite, além de motivar os discentes e estimular sua participação, a aquisição de novas habilidades, funções e modelos de trabalho pelos professores, que nunca havia sido exigido antes (GUTIERREZ ESTEBAN *et al.*, 2011; MARTÍN-FERNÁNDEZ *et al.*, 2016; SALINAS, 2004; PONS; CORTÉS, 2008; VILLARRUEL FUENTES, 2012).

Sabendo dos potenciais das TIC's para melhoria do processo de ensino e aprendizagem, elencados acima, inúmeras pesquisas no campo educacional vêm sendo realizadas, empregando ferramentas digitais para ensinar Química Analítica. O Quadro 1 apresenta um panorama das pesquisas já relatadas na literatura científica.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR

ISSN 2675-6218

FERRAMENTAS EDUCATIVAS DIGITAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA ANALÍTICA
 Jose Weliton Aguiar Dutra, Antônio Marcos Dias Moreira, Álvaro Itana Schalcher Pereira, Francisco Adelson Alves Ribeiro,
 Mariano Oscar Anibal Ibañez Rojas, Danielma dos Santos Moreira, Isaque Pinho dos Santos,
 Leonildo Ferreira dos Reis, Erisvaldo Silva de Oliveira, Joselson Rodrigues da Silva

QUADRO 1. Pesquisas científicas abordando o Ensino de Química por meio das TIC's.

Autoria	Pesquisa Científica	TIC's
CROSETTI <i>et al.</i> (2021)	Plataforma digital para aulas virtuais em decorrência da pandemia da Covid-19	Plataforma virtual
Martín-Fernández <i>et al.</i> (2016)	Plataforma virtual Moodle para realização de atividades online nas disciplinas de Química Analítico I e II da Licenciatura em Farmácia da Universidade Complutense de Madrid. <i>Nuevas herramientas on-line, como los espacios wiki y e-portafolio</i>	Plataforma virtual Moodle
Sousa (2016) e Sousa e Ferreira (2016)	Utilização de um Ambiente Virtual de Aprendizagem aliado ao Ensino Presencial de Química Analítica	Ambiente virtual de aprendizagem (AVA)
Oswaldo (2020)	O uso de ensaios do simulador virtual para os llama como recurso didático digital de apoio favorece o processo de aprendizagem no Curso de Química Analítica com alunos do quarto semestre do Pedagogia das Ciências Experimentais, Química e Biologia.	Simulador
Souza <i>et al.</i> (2004)	Desenvolvimento e Aplicação de um Software como Ferramenta Motivadora no Processo Ensino-Aprendizagem de Química	Software
Santander <i>et al.</i> (2016)	Desenvolvimento e aplicação de materiais virtuais em espanhol e inglês para um curso de Química Analítica	Materiais virtuais; Power Point; Arquivos interativos e vídeos
Bordini <i>et al.</i> (2017)	LabTecA - Laboratório Virtual de Química Analítica	Laboratório Virtual em 3D
Silva e Silva (2020)	Simulador de Volumetria - Uma Ferramenta para Auxiliar o Ensino Remoto de Conceitos de Titulação	Software
Carrasco (2020)	" <i>Incorporación de ambientes virtuales de aprendizaje en química: un caso para enseñar química analítica</i> "	Ambientes virtuais
Marinich <i>et al.</i> (2013)	Química analítica: <i>aprendizaje a partir de webquest</i>	WEBQUEST
Jiménez Noboa (2019)	<i>Google Classroom en el proceso enseñanza aprendizaje de la asignatura de química analítica en la carrera de pedagogía de las ciencias experimentales, química y biología, durante el período 2018-2019</i>	Google Classroom
Denari, Sacilato e Carvalheiro (2015)	Avaliação do uso de planilhas computacionais como uma ferramenta didática em química analítica qualitativa	Gráficos e planilhas
Lima e Cunha (2019)	Uso da fotografia para motivar os alunos a estudarem Química analítica e observarem sua presença no cotidiano	Fotografia

Fonte: Pesquisa bibliográfica/prospectiva, set. 2021. Dados organizados e adaptados pelos Autores (2021).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

FERRAMENTAS EDUCATIVAS DIGITAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA ANALÍTICA
Jose Weliton Aguiar Dutra, Antônio Marcos Dias Moreira, Álvaro Itana Schalcher Pereira, Francisco Adelson Alves Ribeiro,
Mariano Oscar Anibal Ibañez Rojas, Danielma dos Santos Moreira, Isaque Pinho dos Santos,
Leonildo Ferreira dos Reis, Erisvaldo Silva de Oliveira, Joselson Rodrigues da Silva

Como se pode notar ao analisar o Quadro 1, diversas pesquisas versam sobre a aplicação de ferramentas digitais para o ensino de Química Analítica, destacando aqui o emprego das Plataformas Virtuais, Simuladores e *Softwares* entre outros. Contudo, a abordagem de Métodos Gráficos e Planilhas Eletrônicas como estratégias de ensino nessa disciplina é muito pouco relatada; cabendo, portanto, enfatizar a suas potencialidades para o processo de ensino e aprendizagem de Química Analítica.

A abordagem simplificada dos conceitos de Química Analítica por uso de cálculos “intuitivos” dificilmente permite uma compreensão ampla dos sistemas estudados, sendo pouco atraente para a grande parte dos estudantes (OLIVEIRA *et al.*, 2006). Neste sentido, a simulação com emprego de planilhas de cálculos apresenta-se uma possibilidade para facilitar a aprendizagem dos conceitos ensinados na disciplina.

Logo, a abordagem do ensino de Química Analítica na graduação por meio de Métodos Gráficos e planilhas eletrônicas proporciona uma forma mais clara e mais formal de se compreender o essencial de cada um dos tipos de equilíbrios químicos, através da construção de diagramas e simulações em planilhas eletrônicas do Excel® (VIEIRA; FANTUZZI, 2000). Corroborando, Andrade (2019) elenca as principais vantagens do seu emprego no Ensino de Química Analítica, possibilitando construir facilmente, fornecendo melhores resultados, tratamento mais amplo dos sistemas químicos, assim como reforça a importância de ensinar, construir e interpretar gráficos. Os Métodos Gráficos possibilitam entender visualmente a natureza dos Equilíbrios Químicos e os valores matemáticos constantes atrelados. Neste sentido, o presente artigo se dedicará especialmente ao emprego de Métodos Gráficos e Planilhas Eletrônicas como estratégias para o ensino de Química Analítica no Ensino Superior.

MÉTODOS GRÁFICOS E PLANILHAS ELETRÔNICAS NO ENSINO DE QUÍMICA ANALÍTICA

A partir dos resultados obtidos na Pesquisa Bibliográfica e Prospecção Científica realizadas, observou-se uma quantidade muito incipiente de trabalhos publicados envolvendo o Ensino de Química Analítica por meio das estratégias de Métodos Gráficos e Planilhas Eletrônicas. Apesar do pequeno número de trabalhos publicados sobre o escopo da pesquisa, ressalta-se a potencial contribuição do emprego dessas TIC's para o processo de ensino e aprendizagem de Química Analítica, em especial a compreensão dos conteúdos “Equilíbrios Químicos” e “Titulações”.

Como exemplo cabe destacar uma pesquisa realizada por Denari, Saciloto e Cavalheiro (2015). Estes autores fizeram uma avaliação dos resultados das atividades com o uso do Excel® na disciplina de Química Analítica Qualitativa com os alunos do Ensino Superior. O programa foi utilizado para os discentes construir os diagramas da distribuição das espécies químicas (fração da suas concentrações (α_n) em função do pH da solução) em Equilíbrio Químico em solução de diferentes ácidos com a finalidade de assimilarem os conteúdos ensinados em sala de aula, da álgebra envolvida e suas aproximações.

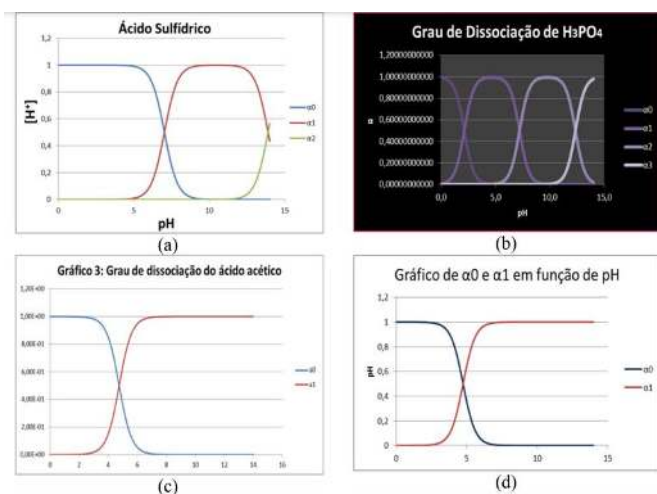


RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

FERRAMENTAS EDUCATIVAS DIGITAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA ANALÍTICA
Jose Weliton Aguiar Dutra, Antônio Marcos Dias Moreira, Álvaro Itana Schalcher Pereira, Francisco Adelson Alves Ribeiro,
Mariano Oscar Anibal Ibañez Rojas, Danielma dos Santos Moreira, Isaque Pinho dos Santos,
Leonildo Ferreira dos Reis, Erisvaldo Silva de Oliveira, Joselson Rodrigues da Silva

Os autores ressaltaram que, apesar de parte deles demonstrarem dificuldades em elaborarem os gráficos e utilizar os conceitos que envolvem esse tipo de representação gráfica, notou-se a contribuição do uso dessa ferramenta computacional digital para o despertar do interesse e da atenção em aprender o conteúdo ensinado. A Figura 1 traz alguns exemplos de diagramas construídos por alunos participantes da pesquisa supracitada.

FIGURA 1. Exemplo de gráficos de distribuição de espécies ácido-base construído por alunos utilizando o Programa Excel.



Fonte: Adaptado de Denari, Saciloto e Cavalheiro (2015).

Os sujeitos participantes da pesquisa construíram e puderam analisar diagramas que mostram a distribuição das espécies químicas decorrentes da dissociação de ácidos monopróticos, dipróticos e polipróticos em solução aquosa a partir do emprego do cálculo matemático da fração α_n das espécies químicas decorrentes da sua dissociação em função do pH do meio. Essas funções α_n *versus* pH, apresentam a vantagem de dependerem apenas do pH do meio e da(s) constante(s) de ionização ácida, variáveis conhecidas, eliminando a necessidade das aproximações numéricas nos cálculos (SKOOG *et al.*, 2006; CHRISTIAN, 2010).

O emprego do método algébrico no ensino de Química Analítica, especialmente para estudar o comportamento de sistemas químicos, é muito trabalhoso, pois apresenta uma série de expressões matemáticas, necessidade de balanceamento de carga e massa, que devem ser simultaneamente resolvidas.

Os estudantes devem ser também capazes de usar os procedimentos numéricos e apresentar os resultados graficamente, uma vez que o comportamento de qualquer uma das espécies de um eletrólito em solução aquosa pode ser observada graficamente frente a uma variável comum (ANDRADE, 2019). Comumente, emprega-se as aproximações que nem sempre são apropriadas e que nunca levam a resultados confiáveis. Nesse sentido, uma alternativa para não



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

FERRAMENTAS EDUCATIVAS DIGITAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA ANALÍTICA
Jose Weliton Aguiar Dutra, Antônio Marcos Dias Moreira, Álvaro Itana Schalcher Pereira, Francisco Adelson Alves Ribeiro,
Mariano Oscar Anibal Ibañez Rojas, Danielma dos Santos Moreira, Isaque Pinho dos Santos,
Leonildo Ferreira dos Reis, Erisvaldo Silva de Oliveira, Joselson Rodrigues da Silva

eliminá-la dos livros didáticos é o emprego de recursos digitais para construção de Gráficos e Diagramas com o apoio do Programa *Microsoft Excel®*.

Aliado a isto, a partir da abordagem do ensino de Química Analítica na graduação por meio de Métodos Gráficos e Planilhas Eletrônicas, Vieira e Fantuzzi (2000) compreendem que o uso desses TIC's é um meio mais simples e alternativo de proporcionar uma forma mais clara e mais formal de se compreender o essencial de cada um dos tipos de Equilíbrios Químicos estudados normalmente em cursos de Química Analítica, visto que a abordagem simplificada dos conceitos estudados nessa disciplina por uso de cálculos matemáticos "intuitivos" se torna muitas vezes exaustiva e dificilmente permitem uma compreensão ampla dos sistemas estudados.

Os autores compreendem ainda que a utilização de Métodos Gráficos em Planilhas Eletrônicas é essencial para a compreensão mais aprofundada dos conceitos de Química Analítica, uma vez que permitem uma visão mais ampla do Equilíbrio Químico, o que é fundamental em diversas situações. Esses autores ainda ressaltam que a sua apresentação e formalismo são de extrema importância para a formação do Químico.

O ensino de Equilíbrio Químico e outros conceitos estudados em Química Analítica por meio de Métodos Gráficos e Planilhas Eletrônicas de cálculo já vem sendo bastante ressaltado em livros didáticos destinados ao ensino dessa área da Química, a exemplo de Fatibello Filho (2013), Skoog *et al.*, (2006), e Baccan *et al.*, (1979) e Bard (1970).

Além do que foi discutido anteriormente e visando apresentar estas ferramentas disponíveis na internet gratuitamente aos discentes e docentes ministrantes da disciplina Química Analítica, a presente pesquisa apresenta, a seguir, uma descrição mais detalhada e encaminhamentos de algumas ferramentas educativas digitais desenvolvidas e disponíveis gratuitamente com a finalidade de contribuir para o ensino de Química Analítica por meio do emprego de Métodos Gráficos e Planilhas Eletrônicas.

Planilha educacional "TitSim"¹

Uma planilha desenvolvida por Maia (2011) com a finalidade de auxiliar o professor no ensino do conteúdo "Titulações", tendo como escopo de aplicação o Ensino Superior. O programa desenvolvido a partir do *software Microsoft Excel®* e possibilita ensinar o conteúdo "Titulação ácido-base" por meio do comportamento do gráfico ao se variar os parâmetros do experimento.

O programa apresenta quatro abas. A primeira é a principal, que apresenta os parâmetros editáveis para definição da titulação ácido-base desejável para analisar. O usuário poderá escolher o titulado ácido, titulante básico desejável, os limites de pH da titulação, os incrementos de pH, bem como a concentração do ácido (C_a), volume do ácido (V_a) e a concentração da base (C_b). Por

¹ MAIA, Rafael de Carvalho. **TITSIM**: um simulador de titulação em Excel para o ensino de Química. 2011. Monografia (Licenciatura em Química) - Universidade de Brasília, Brasília, 2011. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/3732>. Acesso em: 20 set. 2021



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

FERRAMENTAS EDUCATIVAS DIGITAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA ANALÍTICA
Jose Weliton Aguiar Dutra, Antônio Marcos Dias Moreira, Álvaro Itauana Schalcher Pereira, Francisco Adelson Alves Ribeiro,
Mariano Oscar Anibal Ibañez Rojas, Danielma dos Santos Moreira, Isaque Pinho dos Santos,
Leonildo Ferreira dos Reis, Erisvaldo Silva de Oliveira, Joselson Rodrigues da Silva

exemplo, na Figura 2 mostra a aba (ou tela) inicial da planilha *TitSim* com o gráfico da titulação de Ácido Oxálico (titulado ácido) com hidróxido de sódio (titulante básico) como exemplo. O titulado foi definido com concentração $C_a=0,2 \text{ molL}^{-1}$ e volume $V_a=50\text{mL}$, enquanto se definiu o titulante com $C_b=0,5 \text{ molL}^{-1}$ e limite de pH entre 1 (mínimo) e 12 (máximo).

FIGURA 2. Obtenção do gráfico da titulação do Ácido Oxálico com Hidróxido de Sódio pelo programa *TitSim*.



Fonte: Maia (2011).

Ao clicar no botão "Simular Titulação", obtém-se quase que instantaneamente o gráfico da titulação em exemplo (pH x Volume de base), assim como os respectivos gráficos de Derivada primeira e segunda ordem. A partir da análise do gráfico plotado, observa-se dois pontos de interesse que correspondem respectivamente aos pontos de desprotonação completa do Ácido Oxálico (perto de 20mL e 40mL). Os pontos de inflexão (pontos destacados em vermelho na Figura 3) podem ser calculados exatamente tomando os intervalos de pH contemplando os pontos de inflexão ou simplesmente abrindo a aba "pH e Vb".



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

FERRAMENTAS EDUCATIVAS DIGITAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA ANALÍTICA
Jose Weliton Aguiar Dutra, Antônio Marcos Dias Moreira, Álvaro Itaina Schalcher Pereira, Francisco Adelson Alves Ribeiro,
Mariano Oscar Anibal Ibañez Rojas, Danielma dos Santos Moreira, Isaque Pinho dos Santos,
Leonildo Ferreira dos Reis, Erisvaldo Silva de Oliveira, Joselson Rodrigues da Silva

FIGURA 3. Observação dos pontos de inflexão.

Achando Vb	
pH	Vb
2.00	15.76

Pontos da Curva		Derivadas		VOL DE EQUIV.
Vb	pH	Deriv 1	Deriv 2	
17.83	2.29	0.15	0.02	NADA
18.79	2.49	0.21	0.04	NADA
19.53	2.69	0.27	0.06	NADA
20.17	2.89	0.31	0.05	NADA
20.85	3.09	0.30	-0.02	20.50919405
21.65	3.29	0.25	-0.07	NADA
22.70	3.49	0.19	-0.07	NADA
24.09	3.69	0.14	-0.04	NADA
25.85	3.89	0.11	-0.02	NADA
27.95	4.09	0.10	-0.01	NADA
30.24	4.29	0.09	0.00	NADA
32.50	4.49	0.09	0.00	NADA
34.51	4.69	0.10	0.00	NADA
36.15	4.89	0.12	0.01	NADA
37.38	5.09	0.16	0.02	NADA
38.27	5.29	0.23	0.05	NADA
38.87	5.49	0.33	0.12	NADA
39.27	5.69	0.50	0.28	NADA
39.53	5.89	0.76	0.66	NADA
39.70	6.09	1.18	1.60	NADA
39.81	6.29	1.85	3.92	NADA
39.88	6.49	2.90	9.71	NADA
39.92	6.69	4.57	24.18	NADA
39.95	6.89	7.21	60.34	NADA
39.97	7.09	11.39	150.70	NADA
39.98	7.29	17.99	375.61	NADA
39.99	7.49	28.32	929.30	NADA
39.99	7.69	44.23	2253.40	NADA
40.00	7.89	67.71	5193.26	NADA
40.00	8.09	98.91	10562.08	NADA
40.00	8.29	131.02	15880.26	NADA
40.00	8.49	147.03	10490.60	NADA
40.00	8.69	134.45	-9250.16	40.00133312
40.00	8.89	103.31	-20934.61	NADA
40.01	9.09	71.37	-16498.26	NADA
40.01	9.29	46.80	-8769.20	NADA
40.02	9.49	30.00	-3932.29	NADA
40.03	9.69	19.04	-1642.50	NADA
40.04	9.89	12.04	-666.52	NADA
40.07	10.09	7.60	-267.33	NADA
40.11	10.29	4.80	-106.71	NADA
40.18	10.49	3.02	-42.51	NADA

Fonte: Maia (2011).

Na terceira aba “Base de dados completa”, apresenta-se um banco de dados com todas as substâncias e suas respectivas constantes, enquanto o autor informa as definições usadas para os cálculos e as instruções na última aba “Conceitos”.

O autor apresenta as suas aplicações, a saber: (a) Observar o comportamento do gráfico (pH *versus* Volume de base); (b) Analisar a concentração desconhecida de um ácido; e (c) planejar um experimento em laboratório visando achar o volume ideal de base que se poderá gastar e escolher o melhor indicador ácido-base para cada ponto de equivalência.

Planilha educacional “TitGer”²

Um programa desenvolvido por Oliveira *et al.*, (2007) e publicado na Revista Química Nova na versão 1.8, atualmente está na versão 3.0. Este programa pode ser utilizado facilmente no *software Excel*® e, nas palavras dos próprios autores, permite a simulação de titulações e avaliar o comportamento de mistura de compostos e contém formas de tratamento das curvas obtidas, tais

² OLIVEIRA, A. F.; SILVA, A. F.; TENAN, M. A.; OLIVO, S. L. TitGer: uma planilha eletrônica para simulação de titulação de mistura de compostos polipróticos. *Química Nova*, v. 30, p. 224-228, 2007. Disponível em: http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=1800. Acesso em: 25 set. 2021



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

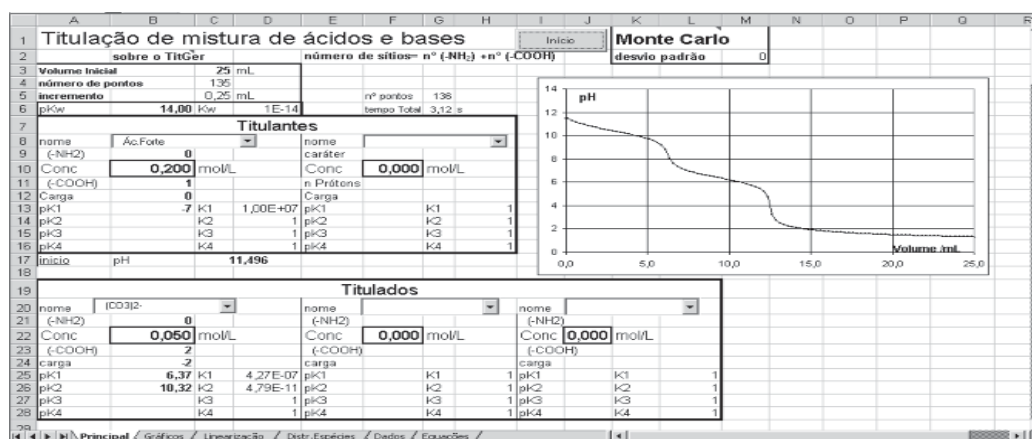
FERRAMENTAS EDUCATIVAS DIGITAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA ANALÍTICA
Jose Weliton Aguiar Dutra, Antônio Marcos Dias Moreira, Álvaro Itana Schalcher Pereira, Francisco Adelson Alves Ribeiro,
Mariano Oscar Anibal Ibañez Rojas, Danielma dos Santos Moreira, Isaque Pinho dos Santos,
Leonildo Ferreira dos Reis, Erisvaldo Silva de Oliveira, Joselson Rodrigues da Silva

como métodos de linearização e curvas de distribuição de espécies em função do pH e do volume de titulante (OLIVEIRA *et al.*, 2007).

Apresenta uma interface intuitiva e fácil uso com várias pastas (ou telas), a saber: “Principal”, “Gráficos”, “Linearização”, “DistrEspécies”, “Dados”, “Equações”, entre outras. Na tela “principal”, o usuário introduz as informações necessárias para a realização das simulações. Escolhe os compostos envolvidos na titulação, solução do titulante e titulado, a partir da caixa de seleção implementada (apresenta as espécies disponíveis). A solução do titulado pode ser composta até por três compostos e o titulante, até por dois compostos. Todos os compostos podem ter até quatro constantes de equilíbrio. Ao serem selecionados, os respectivos valores das constantes de Equilíbrio e número de sítios de protonação e a carga das espécies selecionadas são conveniente e automaticamente colocados na planilha.

Ao selecionar as concentrações dos compostos, o volume inicial da solução titulada e os incrementos de volume da solução titulante. A partir disso, os valores de volume a serem adicionados são calculados por funções já inseridas na função Macro (Programa *Visual Basic Excel®*), que fornecem os respectivos valores de pH em função do Volume de titulante. A Figura 4 mostra o exemplo para titulação de íons carbonato, CO_3^{2-} , $0,050 \text{ molL}^{-1}$ com ácido forte $0,200 \text{ molL}^{-1}$. Os incrementos de titulante foram selecionados em alíquotas de $0,25 \text{ mL}$.

FIGURA 1. Tela da pasta principal do programa *TitGer 1.8*, apresentando um exemplo. Condições para simulação da titulação de 25 mL de carbonato $0,050 \text{ mol/L}$ com alíquotas de $0,25 \text{ mL}$ de ácido forte $0,200 \text{ mol/L}$.



Fonte: Oliveira *et al.*, (2007)

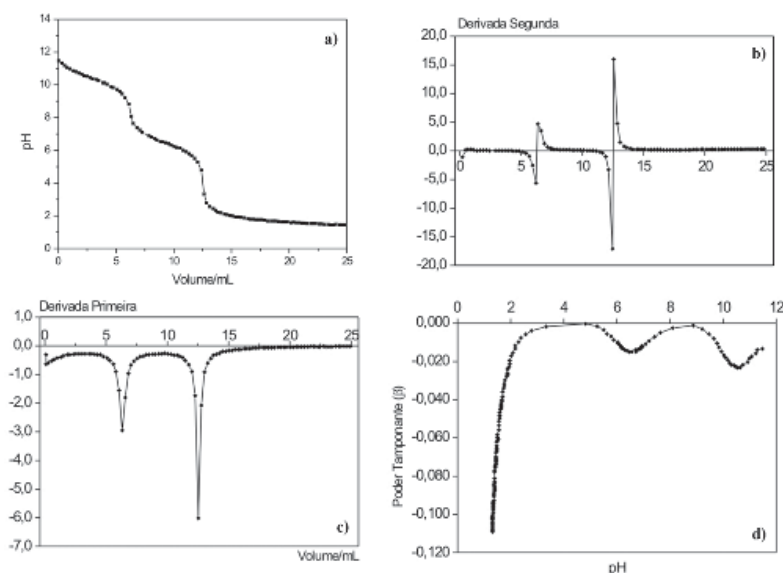
Os dados de volume e pH obtidos são apresentados facilmente em gráficos de titulação nas telas “Principal” e “Gráficos”, onde é possível observar os gráficos de derivada primeira e segunda e do poder tamponante (Figura 5).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

FERRAMENTAS EDUCATIVAS DIGITAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA ANALÍTICA
Jose Weliton Aguiar Dutra, Antônio Marcos Dias Moreira, Álvaro Itana Schalcher Pereira, Francisco Adelson Alves Ribeiro,
Mariano Oscar Anibal Ibañez Rojas, Danielma dos Santos Moreira, Isaque Pinho dos Santos,
Leonildo Ferreira dos Reis, Erisvaldo Silva de Oliveira, Joselson Rodrigues da Silva

FIGURA 2. Gráficos apresentados na pasta gráficos (condições definidas na figura 2); a) curva de titulação; b) gráfico de derivada segunda; c) gráfico de derivada primeira; d) gráfico do poder tamponante



Fonte: Oliveira *et al.*, (2007)

Tanto os valores de pK_a , quanto os números dos sítios de cada composto apresentados nas caixas de seleção estão em uma outra pasta, chamada 'Dados', que representa o banco de dados utilizado, cujos parâmetros podem ser alterados pelo usuário ou até mesmo novas espécies e/ou parâmetros podem ser acrescentados (OLIVEIRA *et al.*, 2007).

Na pasta "Linearização", é possível a obtenção de gráficos mais específicos, a saber: métodos de linearização, método de *Sorensen*, *Gran I* e duas derivações do método *Gran II*. Além disso, pode-se obter o gráfico de curva da distribuição de espécies em função do pH ao clicar na tela "DistrEspécies", incluindo a apresentação de um gráfico no intervalo de pH em que ocorre a titulação para cada composto titulado.

Os autores também apresentam várias potenciais aplicações para o uso do programa desenvolvido, como a simulação da titulação de alcalinidade da água; simulação da titulação com titulante contaminado (por exemplo, a titulação com NaOH contaminado com Carbonato); introdução de erro aleatório para simular erros aleatórios com distribuição normal, visando metrologia química; avaliar o efeito de indicadores a partir da introdução de seus dados na simulação de uma determinada titulação; e avaliar métodos de determinação de constantes de dissociação e pontos de equivalência propostos na literatura.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

FERRAMENTAS EDUCATIVAS DIGITAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA ANALÍTICA
Jose Weliton Aguiar Dutra, Antônio Marcos Dias Moreira, Álvaro Itana Schalcher Pereira, Francisco Adelson Alves Ribeiro,
Mariano Oscar Anibal Ibañez Rojas, Danielma dos Santos Moreira, Isaque Pinho dos Santos,
Leonildo Ferreira dos Reis, Erisvaldo Silva de Oliveira, Joselson Rodrigues da Silva

Planilha educacional “CurTiPot”³

Um programa desenvolvido pelo Prof. Dr. Ivano Gebhardt Rolt Gutz, professor titular da USP (Universidade de São Paulo) em 1992 para analisar, simular e analisar dados de titulações ácido-base. Está na versão 4.3.1 e, assim como os demais apresentados anteriormente, não requer instalação ou desinstalação, apenas o uso do software *Microsoft Excel®* a partir da versão 12 (2007) em diante. Para utilizar esta ferramenta, basta abrir o programa no Excel e começar a estudar ou trabalhar no laboratório, em sala de aula ou em casa (ANDRADE, 2019).

De acordo com Santos (2010), é um programa consagrado e utilizado em mais de 100 países. O próprio autor do programa, baseado em dados do *Google Analytics*, afirma que mais de 200 cópias já foram distribuídas em mais de 100 países com centenas de *downloads* em mais de 200 universidades com a finalidade de ensino, pesquisa e aplicações.

O programa destinado principalmente para pesquisadores e professores de Química, apresenta vários módulos (ou telas) que permitem calcular o pH de soluções aquosas e realizar titulações reais e virtuais de ácidos e bases. Os módulos são: “CurTiPlot”, “pH”, “Titulador”, “Simulador”, “Distribuição”, “Análise I”, “Análise II”, “Gráficos” e “Constantes”. Os módulos se comunicam entre si e uma tarefa realizada anteriormente pode ser arquivada para futuras aplicações. No primeiro módulo, o autor apresenta algumas informações importantes e legais para os usuários para facilitar a sua utilização, assim como no seu site onde disponibiliza o programa gratuitamente.

No módulo “pH”, o usuário pode calcular facilmente com, ajuda do programa, algumas propriedades físico-químicas de soluções aquosas simples ou mais complexas (até sete sistemas hexapróticos) de seu interesse, especialmente o pH, a atividade e a sua capacidade tamponante. Já no módulo “Titulação”, poderá simular a titulação de ácidos e bases com a adição de titulante por bureta e detecção de ponto final por indicador ácido-base.

Inicialmente o usuário seleciona as espécies que serão tituladas por simulação e o indicador ácido-base desejado, bem como suas respectivas concentrações. Posteriormente determinar determina qual a natureza do titulante a ser empregado (pode ser ácido forte, base forte ou ácido carbônico) e suas respectivas concentrações. Seleciona também o volume do titulado pipetado, a quantidade de água a ser adicionada para que o programa calcule o volume do titulado. Por fim, determina a capacidade da bureta.

Ao clicar no botão “Iniciar”, começa a verificar a realização da titulação virtual, isto é, observa como o pH da solução titulada varia com a adição de incrementos do titulante. Ao mesmo tempo, verifica-se como ocorre a construção da Curva de Titulação (pH *versus* volume de base). A Figura 6 mostra a titulação virtual do programa com o exemplo para a titulação de 20mL de Ácido Acético $0,1\text{molL}^{-1}$ com Base Forte $0,1\text{molL}^{-1}$ na presença do indicador Vermelho de Fenol $0,00005\text{molL}^{-1}$ e em bureta definida com capacidade de até 50mL de titulante.

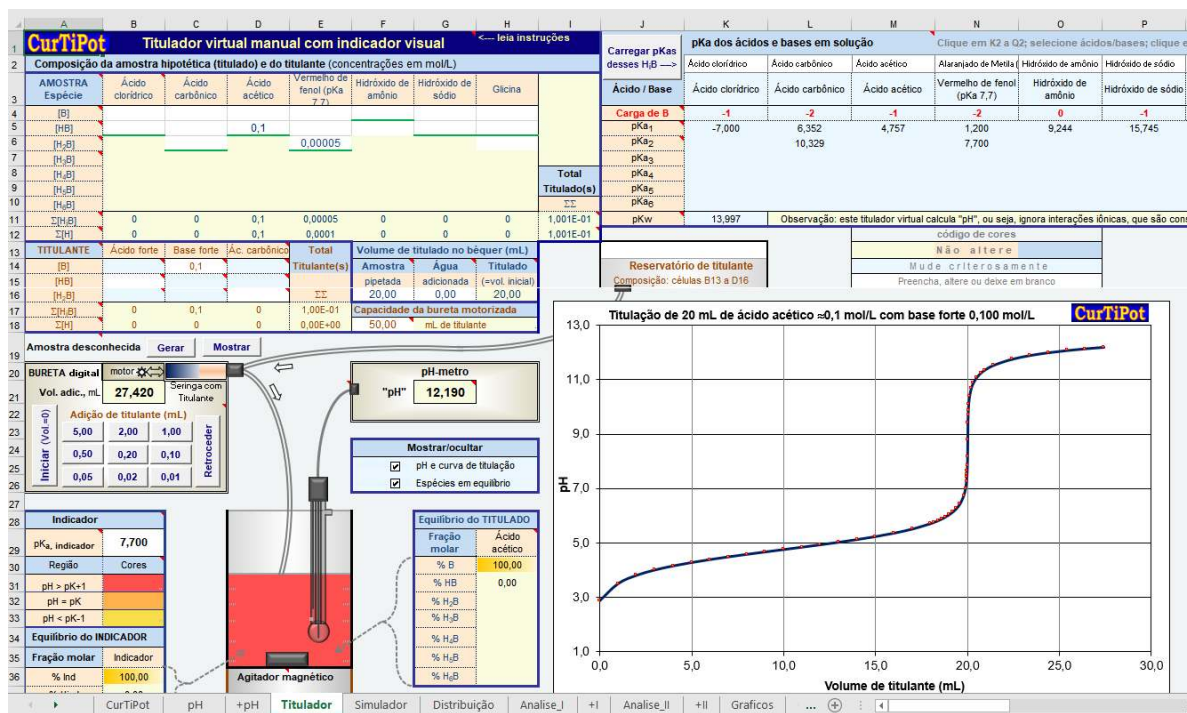
³ GUTZ, I. G. R., **Programa CurTiPot - pH e Curvas de Titulação Potenciométrica: Análise e Simulação**, versão 4.3.1. Disponível em: <http://www.iq.usp.br/gutz/Curtipot.html>. Acesso em: 15 set. 2021



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

FERRAMENTAS EDUCATIVAS DIGITAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA ANALÍTICA
Jose Weliton Aguiar Dutra, Antônio Marcos Dias Moreira, Álvaro Itaina Schalcher Pereira, Francisco Adelson Alves Ribeiro,
Mariano Oscar Anibal Ibañez Rojas, Danielma dos Santos Moreira, Isaque Pinho dos Santos,
Leonildo Ferreira dos Reis, Erisvaldo Silva de Oliveira, Joselson Rodrigues da Silva

FIGURA 3. Simulação virtual da titulação de 20mL de Ácido Acético $0,1\text{ molL}^{-1}$ com base forte $0,1\text{ molL}^{-1}$ na presença do indicador Vermelho de Fenol $0,00005\text{ molL}^{-1}$.



Fonte: Pesquisa bibliográfica/prospectiva, set. 2021. Dados organizados e adaptados pelos Autores (2021).

O usuário poderá observar as mudanças quantitativas na fração molar (%) das espécies decorrentes da dissociação dos ácidos ou bases titulados no estado de Equilíbrio Químico ao longo da titulação. É possível também observar as mudanças quantitativas na fração molar (%) das espécies decorrentes do Equilíbrio Químico estabelecido pela dissociação do indicador ácido-base ao longo da titulação, assim como a simulação da coloração do indicador, mostrando a variação do pH do meio reacional ao longo da adição de alíquotas do titulante.

Parecido com a tela "Titulador", o módulo "Simulação" permite ao usuário plotar curvas de titulação de ácidos, bases, sais, tampões e misturas mais complexas com dezenas de espécies quase que instantaneamente sem clicar gradualmente para adicionar cada alíquota de solução titulante. Na Figura 7, apresenta-se um exemplo de curva obtida por simulação para a titulação do exemplo anterior. O autor ressalta que nesse módulo pode ser plotado até 14 (quatorze) curvas por sobreposição para comparação do efeito de vários parâmetros, bem como possibilita gerar inúmeras curvas de titulação distintas para uso como exercício e em exames de alunos.

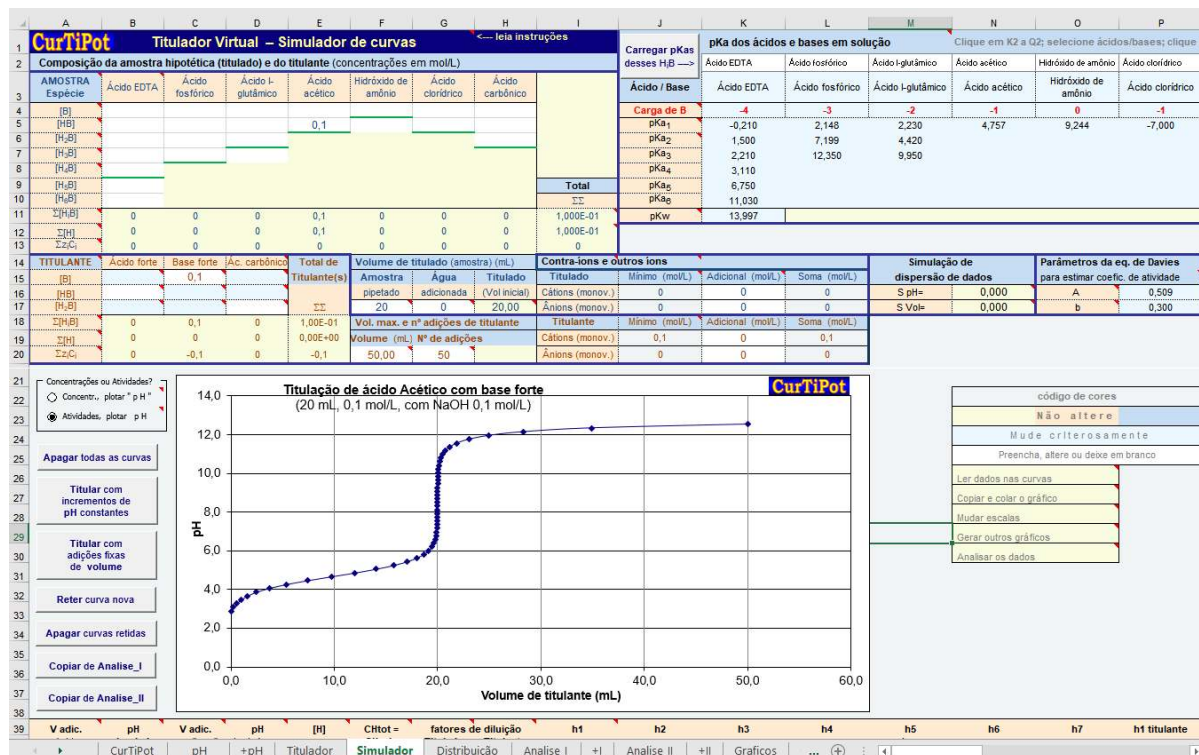


RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR

ISSN 2675-6218

FERRAMENTAS EDUCATIVAS DIGITAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA ANALÍTICA
 Jose Weliton Aguiar Dutra, Antônio Marcos Dias Moreira, Álvaro Itana Schalcher Pereira, Francisco Adelson Alves Ribeiro,
 Mariano Oscar Anibal Ibañez Rojas, Danielma dos Santos Moreira, Isaque Pinho dos Santos,
 Leonildo Ferreira dos Reis, Erisvaldo Silva de Oliveira, Joselson Rodrigues da Silva

FIGURA 7. Simulação virtual obtida no módulo “Simulador” do Programa *CurTitPot* para a titulação de 20mL de Ácido Acético 0,1 molL⁻¹ com base forte 0,1 molL⁻¹.



Fonte: Pesquisa bibliográfica/prospectiva, set. 2021. Dados organizados e adaptados pelos Autores (2021).

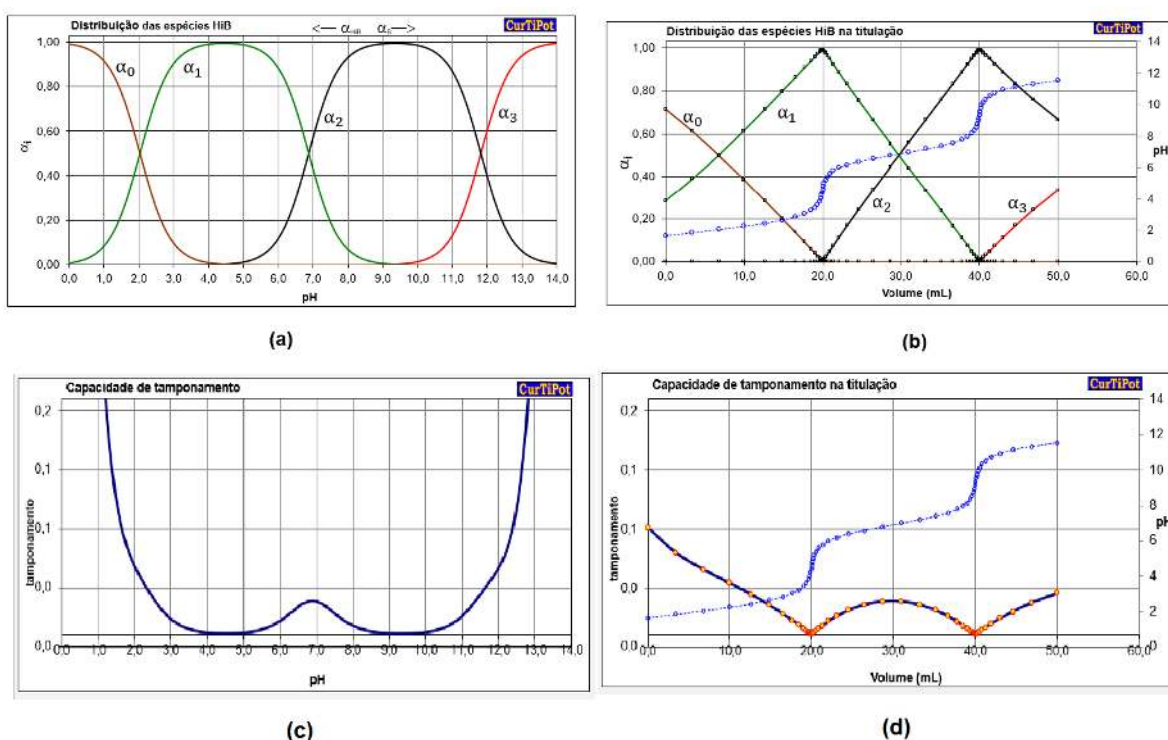
Já no módulo “Distribuição”, o programa permite o usuário gerar Diagramas de Distribuição (composição fracionária) das espécies ácidas e básicas de interesse em Equilíbrio Químico em soluções aquosas, assim como gerar diagramas de capacidade de tamponamento da solução aquosa, entre outros diagramas em função do pH do meio ou volume de titulante adicionado, em termos lineares ou logarítmicos. A Figura 8 apresenta alguns diagramas plotados no programa para a espécie química Ácido fosfórico, H₃PO₄ numa força iônica I=0,1 molL⁻¹. O usuário pode observar as regiões de maior predominância de cada espécie, seja protonada, seja desprotonada, em função do pH como do volume do titulante adicionado em escala linear ou logarítmica.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

FERRAMENTAS EDUCATIVAS DIGITAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA ANALÍTICA
Jose Weliton Aguiar Dutra, Antônio Marcos Dias Moreira, Álvaro Itaina Schalcher Pereira, Francisco Adelson Alves Ribeiro,
Mariano Oscar Anibal Ibañez Rojas, Danielma dos Santos Moreira, Isaque Pinho dos Santos,
Leonildo Ferreira dos Reis, Erisvaldo Silva de Oliveira, Joselson Rodrigues da Silva

FIGURA 8. Diagramas plotados no programa *CurTitplot* para a (a) distribuição das espécies H_3PO_4 (α_0), $H_2PO_4^-$ (α_1), HPO_4^{2-} (α_2), PO_4^{3-} (α_3) do Ácido fosfórico, H_3PO_4 , numa força iônica $I=0,1 \text{ molL}^{-1}$; (b) Distribuição de suas espécies durante a simulação da titulação de 20mL de Ácido Fosfórico $0,1 \text{ molL}^{-1}$ com base forte $0,1 \text{ molL}^{-1}$; (c) Capacidade de Tamponamento da respectiva solução e (d) durante a titulação de 20mL de Ácido Fosfórico $0,1 \text{ molL}^{-1}$ com base forte $0,1 \text{ molL}^{-1}$.



Fonte: Pesquisa bibliográfica/prospectiva, set. 2021. Dados organizados e adaptados pelos Autores (2021).

No módulo "Análise I", torna possível representar também graficamente as curvas de titulação obtidas nos módulos "Titulação" e "Simulação", assim como obter os valores de derivada segunda e sua plotagem gráfica, possibilitando a detecção do ponto final de titulações reais ou virtuais, a partir da análise de dados reais e simulados de laboratórios didáticos, análises de rotina e atividades de pesquisa. Este recurso é importante, visto que possibilita localizar automática e precisamente os pontos de inflexões das curvas (por interpolação com alisamento por *Splines*) para determinar o volume de equivalência.

Na Figura 9, apresenta, como exemplo, a simulação da titulação de 20mL de Ácido Fosfórico $0,1 \text{ molL}^{-1}$ com base forte $0,1 \text{ molL}^{-1}$ e a plotagem do gráfico de derivada segunda. Ao analisar a figura 17(b), pode-se observar dois pontos de descontinuidades no volume de equivalência, formando duas curvas tendendo ao infinito na parte superior e inferior. O ponto final (volume de equivalência) é encontrado na ligação entre duas curvas no ponto zero (na interseção com o eixo da abscissa)

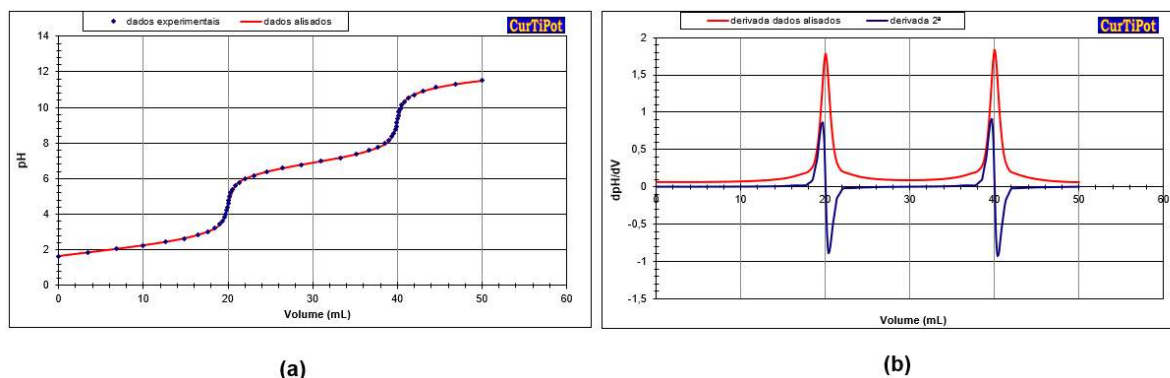


RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

FERRAMENTAS EDUCATIVAS DIGITAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA ANALÍTICA
Jose Weliton Aguiar Dutra, Antônio Marcos Dias Moreira, Álvaro Itana Schalcher Pereira, Francisco Adelson Alves Ribeiro,
Mariano Oscar Aníbal Ibañez Rojas, Danielma dos Santos Moreira, Isaque Pinho dos Santos,
Leonildo Ferreira dos Reis, Erisvaldo Silva de Oliveira, Joselson Rodrigues da Silva

(FATIBELLO FILHO, 2012). Assim, a titulação apresenta duas regiões de ponto de equivalência respectivamente; uma no volume de 20mL e outra em 40mL.

FIGURA 9. Simulação da titulação de 20mL de Ácido Fosfórico $0,1\text{ molL}^{-1}$ com base forte na concentração de $0,1\text{ molL}^{-1}$, empregando o programa *CurTitPot*: (a) curva de titulação e (b) Curva de derivada segunda.



Fonte: Pesquisa bibliográfica/prospectiva, set. 2021. Dados organizados e adaptados pelos Autores (2021).

O programa também permite ao usuário analisar os dados da Titulação Ácido-Base por Regressão Não Linear de Mínimos Quadrados para determinação de múltiplas concentrações e pKas (inclusive de amostras diluídas com múltiplo componentes). Cabe destacar que o programa conta com um banco de dados com mais de 250 (duzentos e cinquenta) dados de constantes de Equilíbrio Químico disponíveis para uso nos diversos módulos.

O autor ressalta que os recursos disponíveis em seu programa podem atrair alunos de Ensino Médio e Superior interessados em aprender novos conceitos de Equilíbrio Químico de Neutralização, bem como pesquisadores e especialistas que atuem em processos industriais ou laboratórios de Química Analítica, visto que, com as informações obtidas, podem prever o que ocorreria no laboratório ou processo industrial, testando diferentes combinações e concentrações. Assim, o programa apresenta aplicações didáticas e acadêmicas.

Planilha educacional “AlfaDis”⁴

Desenvolvida pelo Prof. Dr. Andre Fernando de Oliveira e seu grupo de pesquisa em Equilíbrios Químicos Aplicados em Solução Aquosa (GPEQA), também desenvolvedores da planilha TitGer, pertencente à Universidade Federal de Viçosa (UFV), é uma Planilha Eletrônica desenvolvida no *Software Microsoft Excel*®. Disponível gratuitamente no site <https://www.solucaoquimica.com/alfadist>, atualmente está na versão 6.4/2020 e na linguagem inglesa.

⁴ OLIVEIRA, A. F.; NEVES, A. A.; QUEIROZ, M. E. L. R.; MOREIRA, R. P. L.; OLIVO, S. **Programa AlfaDist**. Minas Gerais, 2017. Disponível em: <https://www.solucaoquimica.com/alfadist>. Acesso em: 29 nov. 2021.



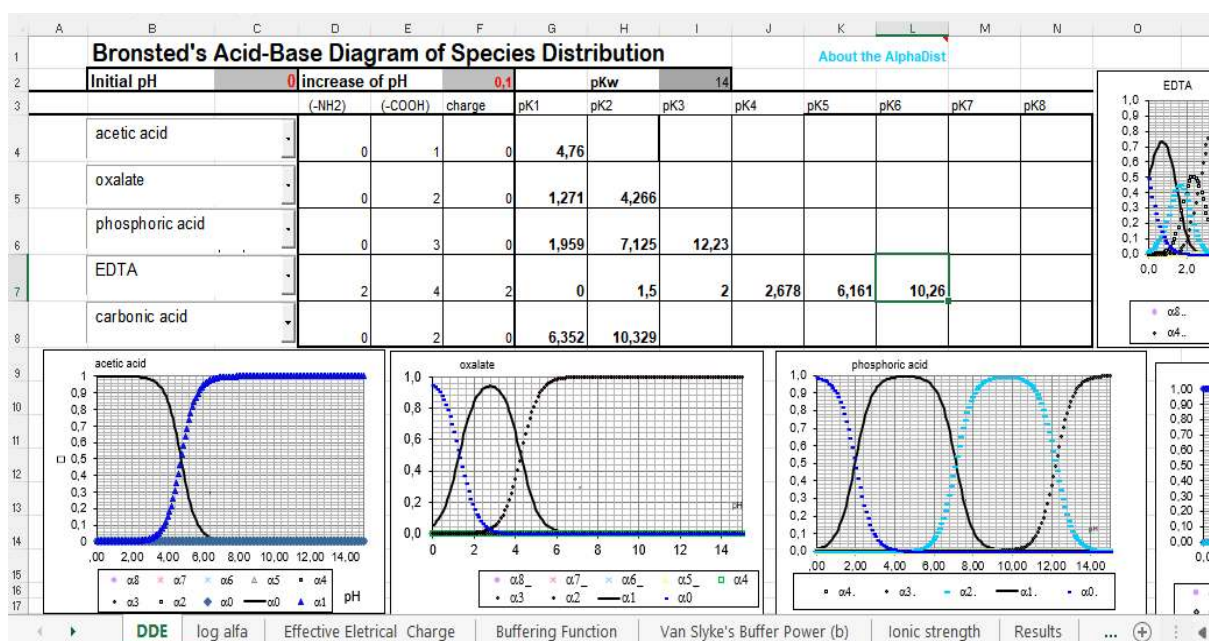
RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

FERRAMENTAS EDUCATIVAS DIGITAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA ANALÍTICA
Jose Weliton Aguiar Dutra, Antônio Marcos Dias Moreira, Álvaro Itana Schalcher Pereira, Francisco Adelson Alves Ribeiro,
Mariano Oscar Anibal Ibañez Rojas, Danielma dos Santos Moreira, Isaque Pinho dos Santos,
Leonildo Ferreira dos Reis, Erisvaldo Silva de Oliveira, Joselson Rodrigues da Silva

Esta planilha educativa é dirigida ao ensino de Equilíbrio Químico em Solução Aquosa em cursos de Química Analítica básica e avançada. Permite, entre outras funções, obter Diagramas de Distribuição de Espécies de Sistemas Ácido-Base de Bronsted, bem como os valores de Fração de Equilíbrio.

No geral, apresenta nove abas, distribuindo-se em: (1) DDE; (2) Log Alfa; (3) *Effective Electrical Charge*; (4) *Bullering Function*; (5) *Van Slyke's Buffer Power*; (6) *Ionic Strength*; (7) *Results*; (8) *Datas*; e (9) *Euações*. A Figura 10 mostra um panorama geral da Planilha Eletrônica que se apresenta ao usuário.

FIGURA 10. Perfil geral da planilha *AlfaDist*.



Fonte: Pesquisa bibliográfica/prospectiva, set. 2021. Dados organizados e adaptados pelos Autores (2021).

A primeira aba (Chamada de "DDE") é a principal função desta planilha, pois praticamente coordena as demais funções possíveis. Permite ao usuário selecionar e obter até cinco diagramas de distribuição fracionária de espécies ácido-base de Bronsted em função do pH da solução aquosa. Os diagramas são obtidos de maneira simultânea em gráficos distintos.

O usuário pode observar os respectivos valores de pKas e o número de espécies protonadas (que não tem carga) de cada sistema ácido-base, que está representado por "-COOH", bem como o número de espécies desprotonadas (que tem carga negativa) de cada sistema ácido-base, que está representado por "-NH₂" e suas respectivas cargas. Pode-se também selecionar o pH inicial, os incrementos de pH e o valor de pKw, que normalmente é igual a 14 (quatorze).

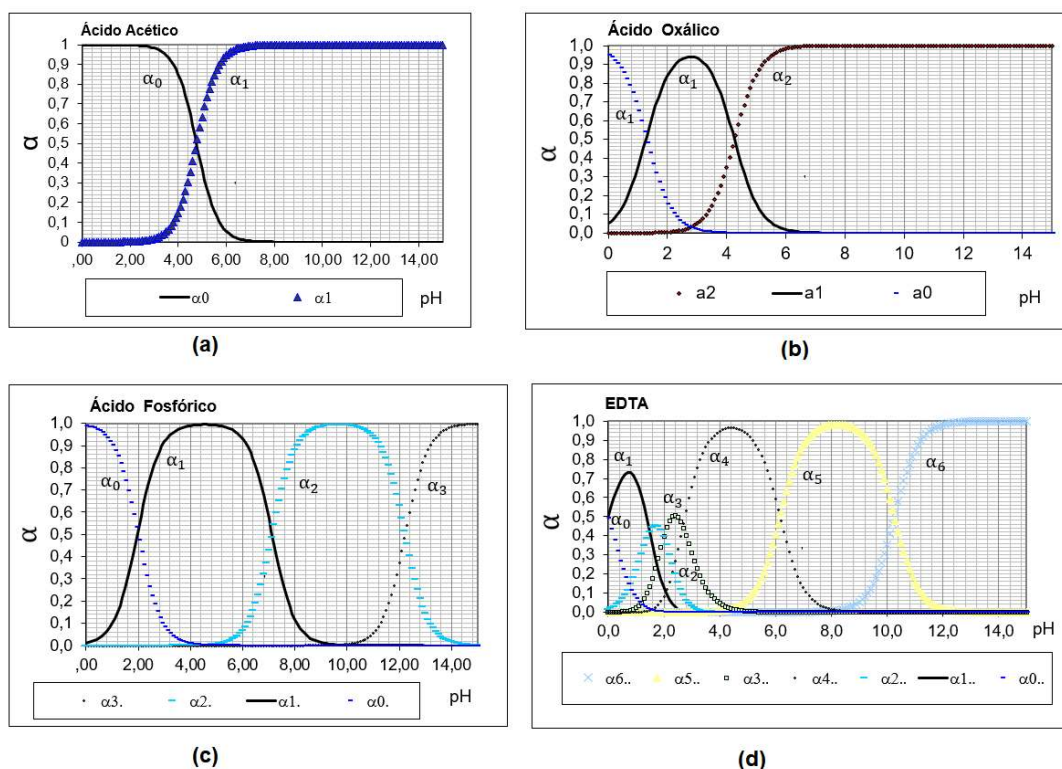


RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

FERRAMENTAS EDUCATIVAS DIGITAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA ANALÍTICA
Jose Weliton Aguiar Dutra, Antônio Marcos Dias Moreira, Álvaro Itana Schalcher Pereira, Francisco Adelson Alves Ribeiro,
Mariano Oscar Anibal Ibañez Rojas, Danielma dos Santos Moreira, Isaque Pinho dos Santos,
Leonildo Ferreira dos Reis, Erisvaldo Silva de Oliveira, Joselson Rodrigues da Silva

A Figura 11 apresenta quatro exemplos de Distribuição Fracionária de algumas espécies ácido-base de Bronsted, a saber: *a saber*: Ácido Acético (HAc)⁵; Ácido Oxálico (H_2Ox)⁶; Ácido Fosfórico (H_3PO_4)⁷; Ácido Etilenodiaminotetraacético (EDTA)⁸.

FIGURA 11. Diagramas plotados no Programa *AlfaDist* para a Distribuição Fracionária de algumas espécies ácido-base de Bronsted em função do pH.



Fonte: Elaborado pelos autores a partir da plotagem gráfica por meio do programa *AlfaDist*, não definindo o início de pH, mas com incrementos de pH de 0,1 e $\text{pKw} = 14$.

⁵ O Ácido Acético tem fórmula molecular $\text{H}_5\text{C}_2\text{O}_2$, mas é frequentemente representado como H_3COOH ou HAc para facilitar a indicação do seu único próton de H^+ dissociável, pois é um ácido fraco monoprotico. A distribuição fracionária de suas espécies ácido-base: HAc (α_0), Ac^- (α_1).

⁶ O Ácido Oxálico (fórmula molecular $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$), assim como o ácido Acético, é representado normalmente por H_2Ox , visando indicar a sua classificação como um ácido fraco diprotico, pois apresenta dois prótons de H^+ dissociáveis. A distribuição fracionária de suas espécies ácido-base: H_2Ox (α_0), HOx^- (α_1), Ox^{2-} (α_2).

⁷ Representação escrita e algébrica (para fins de distribuição fracionária) das espécies H_3PO_4 (α_0), H_2PO_4^- (α_1), HPO_4^{2-} (α_2), PO_4^{3-} (α_3) decorrentes da dissociação do Ácido Fosfórico, H_3PO_4 , um ácido fraco triprotico (tem três prótons de H^+ dissociáveis).

⁸ O EDTA é um ácido fraco poliprotico (um ácido Hexaprotico), apresentando seis prótons de H^+ dissociáveis decorrentes de seus quatro grupos carboxílicos e de seus dois grupos amina. Para fins de representação da dissociação de suas espécies em equilíbrio químico, é representado por fórmula molecular H_6Y . Apresenta a seguinte representação escrita e algébrica (para fins de distribuição fracionária) de suas espécies químicas decorrentes de sua dissociação ácido-base: H_6Y (α_0), H_5Y^- (α_1), H_4Y^{2-} (α_2), H_3Y^{3-} (α_3), H_2Y^{4-} (α_4), HY^{5-} (α_5), Y^{6-} (α_6).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR

ISSN 2675-6218

FERRAMENTAS EDUCATIVAS DIGITAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA ANALÍTICA
 Jose Weliton Aguiar Dutra, Antônio Marcos Dias Moreira, Álvaro Itana Schalcher Pereira, Francisco Adelson Alves Ribeiro,
 Mariano Oscar Anibal Ibañez Rojas, Danielma dos Santos Moreira, Isaque Pinho dos Santos,
 Leonildo Ferreira dos Reis, Erisvaldo Silva de Oliveira, Joselson Rodrigues da Silva

Observa-se que, à medida que se aumenta o pH, ocorre aumento da fração das espécies mais dissociadas dos respectivos ácidos, enquanto a fração das espécies menos dissociadas diminuem. Este efeito é evidenciado, visto que ocorre um deslocamento dos equilíbrios químicos ácido-base estabelecidos pelos ácidos no sentido de corrigir o distúrbio provocado pela diminuição da concentração de prótons de hidrogênio em solução aquosa.

Vale adicionar que, caso o usuário queira saber especificamente o valor das frações das espécies química dos sistemas ácidos-base selecionados em determinado pH, podem selecionar a função na mesma aba, como exemplifica a Figura 12.

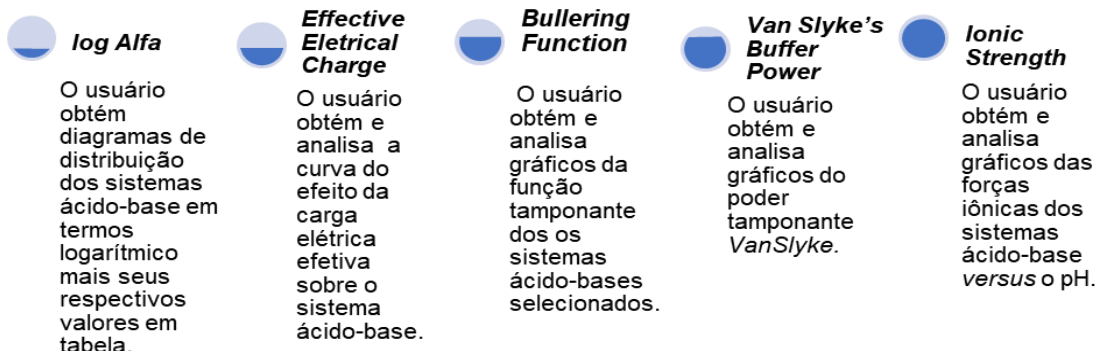
FIGURA 12. Frações de espécies químicas de sistemas ácido-base de Bronsted em pH = 6, respectivamente obtido por meio da planilha *AlfaDist*: Ácido Acético, Ácido Oxálico, Ácido Fosfórico, EDTA e Ácido Carbônico.

pH	6,000											Wat	τ (tau)
Wat	9.900E-07											Wat	9.90E-07
		α0	α1	α2	α3	α4	α5	α6	α7	α8	gef	Conc	
acetic acid		0.02450	0.9755	0.0000	0.00E+00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.9755		0.0000
oxalate		0.0000	0.0181	0.9819	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-1.9819		0.0000
phosphoric acid		0.0001	0.9302	0.0698	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-1.0697		0.0000
EDTA		0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.5915	0.4082	0.0000	0.0000	0.0000	-2.4080		0.0000
carbonic acid		0.6922	0.3078	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.3078		0.0000
												sum τ	9.900E-07
												carga	
												contra ions	0.0000
												contra ions	0.0000
												contra ions	0.0000
												contra ions	0.0000
												contra ions	0.0000
												qxCx	-9.900E-07

Fonte: Elaborado pelos autores a partir da plotagem gráfica por meio do programa *AlfaDist*, não definindo o início de pH, mas com incrementos de pH de 0,1 e pKw = 14.

A planilha *AlfaDist* apresenta também outras funções nas demais abas a partir da seleção dos sistemas ácido-base de Bronsted selecionado na aba "DDE" convenientemente estudadas em cursos mais avançados de Química Analítica. A seguir, na Figura 13, apresenta-se uma breve descrição de cada uma.

FIGURA 43. Descrição breve das funções das demais abas da planilha *AlfaDist*.



Fonte: Pesquisa bibliográfica/prospectiva, set. 2021. Dados organizados e adaptados pelos Autores (2021).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

FERRAMENTAS EDUCATIVAS DIGITAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA ANALÍTICA
Jose Weliton Aguiar Dutra, Antônio Marcos Dias Moreira, Álvaro Itana Schalcher Pereira, Francisco Adelson Alves Ribeiro,
Mariano Oscar Anibal Ibañez Rojas, Danielma dos Santos Moreira, Isaque Pinho dos Santos,
Leonildo Ferreira dos Reis, Erisvaldo Silva de Oliveira, Joselson Rodrigues da Silva

Ao final da planilha, o usuário tem disponível todas das variáveis analisadas graficamente em função do pH, assim como os autores disponibilizam tabelas contendo informações físico-química essenciais das espécies disponíveis, objetivando o tratamento dos Equilíbrios Químicos em solução aquosa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo constitui-se como uma contribuição ao emprego de estratégias de ensino de conteúdos químicos com abordagens matemáticas por meio do emprego do Métodos Gráficos e Planilhas Eletrônicas, em especial para o ensino de Química Analítica, visto que, apesar de serem muito difundidas em livros didáticos da própria área do conhecimento, tais ferramentas digitais são pouco abordadas em trabalhos científicos publicados na área do ensino de Química, assim como suas descrições e aplicabilidades no processo de ensino e aprendizagem.

Neste sentido, apresentou-se quatro ferramentas disponíveis gratuitamente, que podem auxiliar na aprendizagem dos discentes e ensino dos docentes, especificamente dos conteúdos Titulações (*TitSim*, *TitGer* e *CurTiPlot*) e Equilíbrio Químico (*AlfaDist*) por meio da Simulação Gráfica a partir do uso da Planilha Eletrônica do Programa *Microsoft Excel®*, visando facilitar a compreensão dos fundamentos matemáticas e cálculos envolvidos no estudo de Sistemas Químicos.

REFERÊNCIAS

AGUILAR CARRASCO, L. A. **Incorporación de ambientes virtuales de aprendizaje en química: un caso para enseñar química analítica**. Tese (Doutorado em Investigação em Inovação Educativa) – Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, Pue, 2020.

ALVIM, T. R.; ANDRADE, J. C. A importância da química analítica qualitativa nos cursos de química das instituições de ensino superior brasileiras. **Química Nova**, v. 29, n. 168, p. 168-172, 2006.

ANDRADE, J. C. Química analítica básica: representações gráficas dos equilíbrios iônicos. **Revista Chemkeys**, v. 1, p. e019002-e019002, 2019.

ANDRADE, J. C. Química analítica básica: volumetria de neutralização-conceitos e curvas de titulação. **Revista Chemkeys**, v. 2, p. e020002-e020002, 2020.

ARAÚJO, D. X.; SILVA, R. R.; TUNES, E. O conceito de substância em química apreendido por alunos do ensino médio. **Química Nova**, v. 18, n. 1, p. 80-90, 1995.

BACCAN, N.; ANDRADE, J. C.; GODINHO, O. E., BARONE, J. S. **Química Analítica Quantitativa Elementar**. 2. ed. Campinas: Editora da UNICAMP, 1995.

BARD, A. J.; DE LA RUBIA PACHECO, J.; RICO, J. D. **Equilíbrio químico**. Madrid: Ediciones del Castillo, 1970.

BARRERA, V. F. R.; MULLO, A. Guapi. La importancia del uso de las plataformas virtuales en educación superior. **Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo**, 2018. ISSN: 1989-4155.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

FERRAMENTAS EDUCATIVAS DIGITAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA ANALÍTICA
Jose Weliton Aguiar Dutra, Antônio Marcos Dias Moreira, Álvaro Itana Schalcher Pereira, Francisco Adelson Alves Ribeiro,
Mariano Oscar Anibal Ibañez Rojas, Danielma dos Santos Moreira, Isaque Pinho dos Santos,
Leonildo Ferreira dos Reis, Erisvaldo Silva de Oliveira, Joselson Rodrigues da Silva

BORDINI, R. A.; OTSUKA, J.; BEDER, D.; MORANO, T.; TAVARES, L.; CAMARGO, A. E., OHNUMA, C.; BORGES, M. T. LabTecA-Laboratório Virtual de Química Analítica. *In: Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, v. 6, n. 1, p. 228, 2017.

CALEFI, R. M. **Ensino de química analítica qualitativa na graduação**: sua importância e metodologias adotadas. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

CHRISTIAN, G. D. **Química Analítica**. São Paulo: McGrawHill, 2010.

CROSETTI, V.; CAGGIANO, C. G.; CASELLA, M. L. La importancia de los recursos virtuales en épocas de pandemia. El curso de Química Analítica I de la UNNOBA como caso de estudio. **Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología**, n. 28, p. 83-92, 2021. DOI: 10.24215/18509959.28.e10

DANTAS, J. M.; SILVA, M. G. L.; FILHO, P. F. S. Uma proposta de material didático complementar para o ensino de conceitos em química analítica qualitativa. **Didática de La Química**, v. 19, n. 3, p. 188-194, 2008.

DENARI, G. B.; SACILOTO, T. R.; CAVALHEIRO, E. T. G. Avaliação do uso de planilhas computacionais como uma ferramenta didática em Química Analítica Qualitativa. **Química Nova**, v. 39, n. 3, p. 371-375, 2016.

FAGUNDES, A. H. A.; BITENCOURT, H. R.; PINHEIRO, J. C.; ALMEIDA, O.; FARIAS, R. A. F.; SILVA, K. S. Tics no ensino de química em tempos de pandemia. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 9, p. 91327-91338, 2021.

FATIBELLO-FILHO, O. **Introdução aos conceitos e cálculos da química analítica**: equilíbrio químico e introdução à química analítica quantitativa. São Carlos: Editora Unicamp, 2012. v. 1. 50p.

GUTIERREZ ESTEBAN, P.; YUSTE TOSINA, R.; CUBO DELGADO, S.; LUCERO FUSTES, M. Buenas prácticas em el desarrollo de trabajo colaborativo en materias TIC aplicadas a la educación. **Revista de Curriculum y Formación del Profesorado**, v. 15, n. 1, 2011.

HARRIS, D. C. **Análise Química Quantitativa**. 5. ed. Rio de Janeiro: ETC Editora S.A, 1999.

JIMÉNEZ NOBOA, V. F. **Google classroom en el proceso enseñanza aprendizaje de la asignatura de química analítica en la carrera de pedagogía de las ciencias experimentales, química y biología, durante el período 2018-2019**. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências de la Educación) - Universidad Central del Ecuador, Quito, 2019.

LIMA, F. O.; CUNHA, M. B da. A fotografia como recurso didático para contextualizar conceitos de Química Analítica. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 3, p. 19, 2020.

LIMA, J. O. G.; LEITE, L. R. O processo de ensino e aprendizagem da disciplina de Química: o caso das escolas do ensino médio de Crateús/Ceará/Brasil. **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias**, v. 7, n. 2, 2012.

MAIA, Rafael de Carvalho. **TITSIM**: um simulador de titulação em Excel para o ensino de Química. 2011. iv, 31 f., il. Monografia (Licenciatura em Química) - Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

MARCELO, L. R.; LOPES, G. F.; MARCELO, C. R.; SILVA, K. Utilização de livro digital (e-book) como material didático no ensino de química analítica quantitativa. *In: XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ)*, 2016, Florianópolis, SC, Brasil. **Anais [...]** Santa Catarina, 2016.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

FERRAMENTAS EDUCATIVAS DIGITAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA ANALÍTICA
Jose Weliton Aguiar Dutra, Antônio Marcos Dias Moreira, Álvaro Itana Schalcher Pereira, Francisco Adelson Alves Ribeiro,
Mariano Oscar Aníbal Ibañez Rojas, Danielma dos Santos Moreira, Isaque Pinho dos Santos,
Leonildo Ferreira dos Reis, Erisvaldo Silva de Oliveira, Joselson Rodrigues da Silva

MARINICH, R. M. O.; FERNÁNDEZ, M. L.; VALENZUELA, A. M.; BUCHHAMER, E. E.; GIMÉNEZ, M. C. Química analítica: aprendizaje a partir de WebQuest. **Avances en Ciencias e Ingeniería**, v. 4, n. 1, p. 131-138, 2013.

MARTÍN-FERNÁNDEZ, B.; LÓPEZ, M. S. P.; PÉREZ, J. P. H.; RODRÍGUEZ, E. R. Uso de nuevas tecnologías en las enseñanzas universitarias de química analítica. **Revista de Currículum y Formación de Profesorado**, v. 20, n. 2, p. 140-154, 2016.

MENDONÇA, P. C.; JUSTI, R. S.; FERREIRA, P. F. Analogias usadas no ensino de equilíbrio químico: compreensões dos alunos e papel na aprendizagem. **Enseñanza de las Ciencias**, (Extra), p. 1-4, 2005.

MONTEIRO, M. C.; TRUGO, L. C. Determinação de compostos bioativos em comerciais de café torrado. **Química nova**, v. 28, p. 637-641, 2005.

OLIVEIRA, A. F.; SILVA, A. F.; TENAN, M. A.; OLIVO, S. L. TitGer: uma planilha eletrônica para simulação de titulação de mistura de compostos polipróticos. **Química Nova**, v. 30, p. 224-228, 2007.

OSWALDO, B. T. A. **Los simuladores virtuales para el aprendizaje de química analítica con los estudiantes de cuarto semestre de la carrera de pedagogía de las ciencias experimentales química y biología período académico octubre 2019 – abril 2020**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Carrera de biología química y laboratorio) – Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, 2020.

PONS, J. D. P.; CORTÉS, R. J. Buenas prácticas con TIC apoyadas en las Políticas Educativas: claves conceptuales y derivaciones para la formación en competencias. **Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa-RELATEC**, v. 6, n. 2, p. 15-28, 2008.

RAIMONDI, A. C.; RAZZOTO, E. S. Aprendizagem Baseada em Problemas no Ensino de Química Analítica Qualitativa. **Revista Insignare Scientia-RIS**, v. 3, n. 2, p. 36-48, 2020.

RODRIGUES, N. C.; SOUZA, N. R.; PATIAS, S. G. O.; DE CARVALHO, E. T.; CARBO, L.; DA SILVA SANTOS, A. F. Recursos didáticos digitais para o ensino de Química durante a pandemia da Covid-19. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, p. e22710413978-e22710413978, 2021.

SALINAS, J. Innovación docente y uso de las TIC en la enseñanza universitaria. **Revista universidad y sociedad del conocimiento**, v. 1, n. 1, p. 1-16, 2004.

SÁNCHEZ, I. B. **Recursos didáticos para fortalecer la enseñanza-aprendizaje de la economía**. Projeto Final de Mestrado (Máster en Profesor de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas, Especialidad: Economía) -Universidad de valladolid, 2012.

SANTANDER, J. M. P.; GONZÁLEZ, M. M.; MILLA, D. B.; DE CISNEROS, J. L. H. H.; RODRÍGUEZ, I. N.; AGUILERA, L. C. Desarrollo y aplicación de materiales virtuales en español y en inglés para un curso de Química Analítica. **IJERI: International Journal of Educational Research and Innovation**, n. 5, p. 55-71, 2016.

SILVA, I. C. S.; SILVA, R. M. S. Simulador de Volumetria-Uma Ferramenta para Auxiliar o Ensino Remoto de Conceitos de Titulação. In: **Anais dos Workshops do IX Congresso Brasileiro de Informática na Educação**. SBC, p. 195-202, 2020.

SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLER, F. J. **Fundamentos de Química Analítica**. São Paulo: Cengage, 2006.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

FERRAMENTAS EDUCATIVAS DIGITAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA ANALÍTICA
Jose Weliton Aguiar Dutra, Antônio Marcos Dias Moreira, Álvaro Itana Schalcher Pereira, Francisco Adelson Alves Ribeiro,
Mariano Oscar Anibal Ibañez Rojas, Danielma dos Santos Moreira, Isaque Pinho dos Santos,
Leonildo Ferreira dos Reis, Erisvaldo Silva de Oliveira, Joselson Rodrigues da Silva

SOBRINHO, O. P. L.; SILVA, M. S.; PANIAGO, R. N.; CAMPOS, V. M.; PEREIRA, A. I. S.; AGUIAR, R.; AGUIAR, L.; REIS, M. N. O. Práticas pedagógicas dos professores de geografia: estratégias didáticas com ênfase na educação em solos. **Revista Ensino de Geografia (Recife)**, v. 3, n. 1, 2020.

SOUZA, M. P.; SANTOS, N.; MERÇON, F.; RAPELLO, C. N.; AYRES, A. C. S. Desenvolvimento e Aplicação de um Software como Ferramenta Motivadora no Processo Ensino-Aprendizagem de Química. *In: Anais de Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE*, v. 1, n. 1, p. 487-496, 2004.

SOUZA, T. G. **Utilização de um ambiente virtual de aprendizagem aliado ao ensino presencial de química analítica**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2016.

SOUZA, T. G.; FERREIRA, R. Q. Considerações gerais sobre o uso do ambiente virtual de aprendizagem no ensino de Química Analítica. **Revista Virtual de Química**, v. 8, n. 3, p. 992-1003, 2016.

TERRA, J.; ROSSI, A. V. Sobre o desenvolvimento da análise volumétrica e aplicações atuais. **Química Nova**, v. 28, p.166-171, 2005.

TSAPARLIS, G.; KOUSATHANA, M.; NIAZ, M. Molecular equilibrium problems: Manipulation of logical structure and of Mdemand, and their effect on student performance. **Science Education**, v. 82, n. 4, p. 437-454, 1998.

TYSON, L.; TREAGUST, D. F.; BUCAT, R. B. The complexity of teaching and learning chemical equilibrium. **Journal of Chemical Education**, v. 76, n. 4, p. 554-558, 1999.

VIEIRA, F. S.; FANTUZZI, F. Métodos Gráficos e Planilhas Eletrônicas: uma Abordagem para o Ensino de Química Analítica na Graduação. *In: Anais [...]* do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciência, Florianópolis, nov. 2000.

VILLARRUEL FUENTES, M. Innovar desde las tecnologías de la información y la comunicación. RIED. **Revista iberoamericana de educación a distancia**, v. 15, n. 1, p. 37-47, 2012.