

**AUTOMAÇÃO DA PLATINA DE UM DISPOSITIVO DE  
CATODOLUMINESCÊNCIA PARA INTEGRAÇÃO EM UM SISTEMA DE  
MICROSCOPIA CORRELATIVA – FASE 3**

**AUTOMATION OF A CATHODOLUMINESCENCE MICROSCOPE STAGE  
FOR INTEGRATION IN A CORRELATIVE MICROSCOPY SYSTEM –  
PHASE 3**

**Ivan de Oliveira Bellan**

Graduando de Geologia, UFRJ

Período PIBIT/CETEM: Agosto de 2019 a Julho de 2020

ivan.bellan@gmail.com

**Otávio da Fonseca Martins Gomes**

Orientador, Engenheiro Químico, D.Sc.

ogomes@gmail.com

**RESUMO**

Este trabalho apresenta a terceira fase do projeto de automação e controle digital da platina do microscópio de catodoluminescência do Laboratório Multiusuário de Caracterização Tecnológica do CETEM. O sistema de automação desenvolvido consiste em uma interface mecatrônica para controlar digitalmente os movimentos da platina. Através da leitura e escrita de comandos, um microcontrolador maneja os deslocamentos da amostra, permitindo a obtenção sequencial de imagens em posições previamente programadas, viabilizando a aquisição automática de imagens de campo estendido, que podem cobrir toda a área de uma lâmina ou seção polida, e permitindo uma melhor integração desta técnica ao sistema de microscopia correlativa do laboratório. O sistema é acoplado externamente à platina para atuar em seus botões de comando manual, o que permite que seja facilmente retirado para que a platina volte a funcionar de forma manual. Nessa jornada de cerca de 2 anos, a primeira fase contemplou a concepção do projeto; na segunda fase, teve lugar o desenvolvimento e construção de um protótipo funcional; e, na presente terceira fase, prosseguiu-se em direção à oficialização do recurso criado, desenvolvido nas instalações do CETEM, uma demanda que visa assegurar o produto intelectual gerado como um bem público.

**Palavras-chave:** automação, catodoluminescência, microscopia correlativa, Raspberry Pi.

**ABSTRACT**

This work presents the third phase of a project for automation and digital control of the stage of the cathodoluminescence microscope of the Multiuser Laboratory of Technological Characterization of CETEM. The developed automation system consists of a mechatronic interface to digitally control the stage movements. Through the reading and writing of commands, a microcontroller handles the sample displacements, allowing the sequential acquisition of images in previously programmed positions, making possible the automatic acquisition of extended field images, that can cover the whole area of a thin or polished section, and allowing a better integration of this technique into the correlative microscopy system of the lab. The system is coupled externally to the stage to operate on its manual control knobs, which allows it to be easily removed for the stage to go back to operating manually. In this journey of about 2 years, the first phase included the design of the project; in the second phase, the development and construction of a functional prototype took place; and, in the present third phase, we proceeded towards the officialization of the created resource, developed in the facilities of CETEM, a demand that aims to ensure the generated intellectual product as a public property.

**Keywords:** automation, cathodoluminescence, correlative microscopy, Raspberry Pi.

## 1. INTRODUÇÃO

A caracterização de minérios compreende um conjunto multifacetado de técnicas que abrangem diferentes áreas do conhecimento. Esta diversificada rotina exploratória visa a obtenção de parâmetros que preveem possíveis produtos e projetam rotas de processamento adequadas. Dentre os métodos de caracterização implementados, as técnicas de microscopia possuem um papel destacado. Atributos como a constituição mineralógica, as texturas presentes e as associações minerais têm na caracterização por microscopia sua via fundamental de análise (Gomes & Neumann, 2017).

Atualmente, na caracterização de minérios, a análise mineralógica é desempenhada, majoritariamente, por sistemas automatizados de microscopia eletrônica de varredura (MEV) com espectroscopia de dispersão de energia de raios X (EDS).

No entanto, há casos onde a microscopia eletrônica, isoladamente, não supre os parâmetros exploratórios necessários à criação de modelos eficientes. Como ilustração, cabe mencionar a impossibilidade do pleno reconhecimento do minério de ferro e de minérios multimetálicos complexos. Tendo em vista essa lacuna, a microscopia correlativa surge como uma alternativa promissora.

A microscopia correlativa fundamenta-se na associação de dados provenientes de diferentes modalidades de microscopia. Em alguns casos, a sobreposição de informações oriundas de diferentes técnicas de análise microestrutural agrega novos parâmetros, o que pode ser fundamental para obter os resultados requeridos de discriminação de minerais e fases, que seriam indistinguíveis numa abordagem convencional (Gomes & Paciornik, 2012).

Em casos onde o material rochoso é constituído por fases com propriedades óticas, químicas ou cristalográficas similares, o poder discriminador dos métodos analíticos tradicionalmente empregados na caracterização é reduzido. Neste cenário, a microscopia de catodoluminescência (CL) pode ser usada em uma abordagem correlativa, que visa a discriminação das fases que compõe o objeto de estudo. Neste caso, a combinação da técnica de CL com outras modalidades de microscopia amplia as possibilidades de identificação e discriminação dos minerais e fases presentes, indistinguíveis por meio do uso isolado das técnicas.

Em uma outra frente, classes minerais como sulfetos, óxidos, halogenetos, sulfatos, fosfatos, carbonatos, silicatos, assim como, muitas das fases contidas em cerâmicas, vidros, materiais refratários e biomateriais, apresentam respostas peculiares à CL (Götze, 2002). O que remete à reflexão quanto a implementação da técnica de CL. Em alguns casos, esta escolha mostra-se como uma alternativa célere, eficiente (Vortisch et al., 2003) e de baixo custo na caracterização de minérios.

O presente trabalho consiste na terceira etapa do processo de desenvolvimento de um sistema automatizado de controle dos deslocamentos da platina de um dispositivo de CL acoplado a um microscópio de luz refletida. O projeto original do dispositivo de CL prevê um controle manual dos deslocamentos da platina, através do uso de duas manípulas rotacionais que impulsionam seus deslocamentos. O sistema de automação associado ao projeto em questão é uma interferência não destrutiva que se acopla ao dispositivo de CL, assumindo o controle das rotinas de deslocamento e possibilitando a implementação de rotinas exaustivas, necessárias à varredura de grandes áreas de uma lâmina ou seção.

O desenvolvimento deste recurso é um esforço em busca da plena integração da microscopia de CL, disponível no Laboratório Multiusuário de Caracterização Tecnológica do CETEM, ao sistema de microscopia correlativa criado pelo orientador do presente autor (Gomes, 2007), assim como, da viabilização de imagens de campo estendido, fundamentadas na técnica de CL.

## 2. OBJETIVOS

No ano de 2019, o primeiro protótipo de automatização teve êxito no seu funcionamento (Bellan & Gomes, 2019). Uma boa ventura, que trouxe uma nova demanda, o asseguramento da propriedade intelectual fomentada pelo CETEM / CNPq.

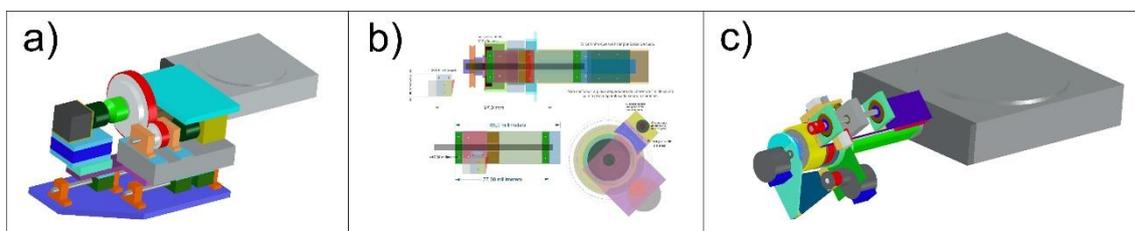
O requerimento legal, que visa o asseguramento da propriedade inventiva, relacionada ao sistema de automatização desenvolvido, se enquadra em um pleito de título de propriedade de modelo de utilidade. Este enquadramento se origina a partir da natureza e finalidade do invento, que propõe uma atualização no dispositivo de CL comercializado pela empresa britânica CITL. Este processo visa assegurar o direito autoral e a propriedade intelectual, que, no presente contexto, é, por direito, de uma instituição pública, o CETEM. Um invento, germinado dentro das instalações de uma instituição de pesquisa brasileira, que demanda sua oficialização como um bem público.

Este processo reivindicatório, o pedido de patente, requer a confecção de documentos descritivos que se adequem às normas do INPI (Instituto Nacional de Propriedade Intelectual) e contenham os dados necessários, exigidos pela lei N° 9.279 de 14 de maio de 1996, Presidência da República.

Diante do cenário exposto, a terceira fase do projeto se norteia na confecção do conteúdo técnico necessário ao pleito junto ao INPI, de modo a assegurar a propriedade intelectual do sistema desenvolvido.

## 3. METODOLOGIA

A primeira fase do desenvolvimento do sistema de automação dos deslocamentos da platina do dispositivo de CL (Bellan & Gomes, 2018), fundamentalmente, fez uso de recursos computacionais, CAD 3D. A etapa seguinte (Bellan & Gomes, 2019) se baseou na utilização do desenho técnico tradicional e no uso de ferramenta CAD 2D. A fase presente, a terceira, se volta ao processo necessário ao asseguramento da propriedade intelectual gerada junto ao INPI. A etapa atual, ligada à confecção do conteúdo técnico necessário ao pleito de patente, ampara-se, novamente, no uso de ferramentas de desenvolvimento computacionais em três dimensões, semelhante à primeira etapa. A Figura 1 ilustra os diferentes modelos desenvolvidos ao longo das três fases do projeto em questão.

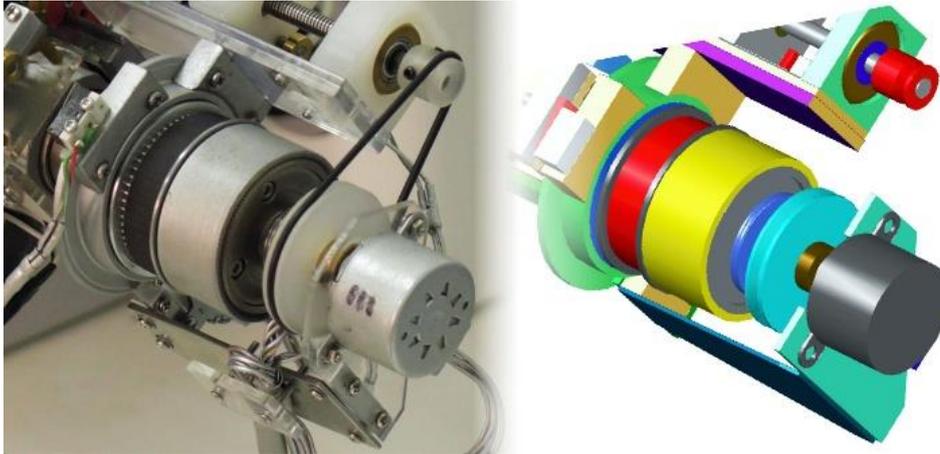


**Figura 1.** Diagrama ilustrando três modelos distintos, associados às três fases do projeto. a) modelo 3D inicial, desenvolvido no ano de 2018; b) Modelo bidimensional, em diferentes vistas, desenvolvido no ano de 2019, amparando a construção do protótipo; c) Modelo tridimensional, desenvolvido em 2020, de modo a compor o conteúdo técnico necessário ao pedido de patente.

O modelo tridimensional permite a implementação facilitada de diagramas que pormenorizam os componentes do sistema concebido. O diagrama de vista explodida é a técnica descritiva escolhida. Esta técnica constitui um importante elemento na composição do conteúdo descritivo do invento.

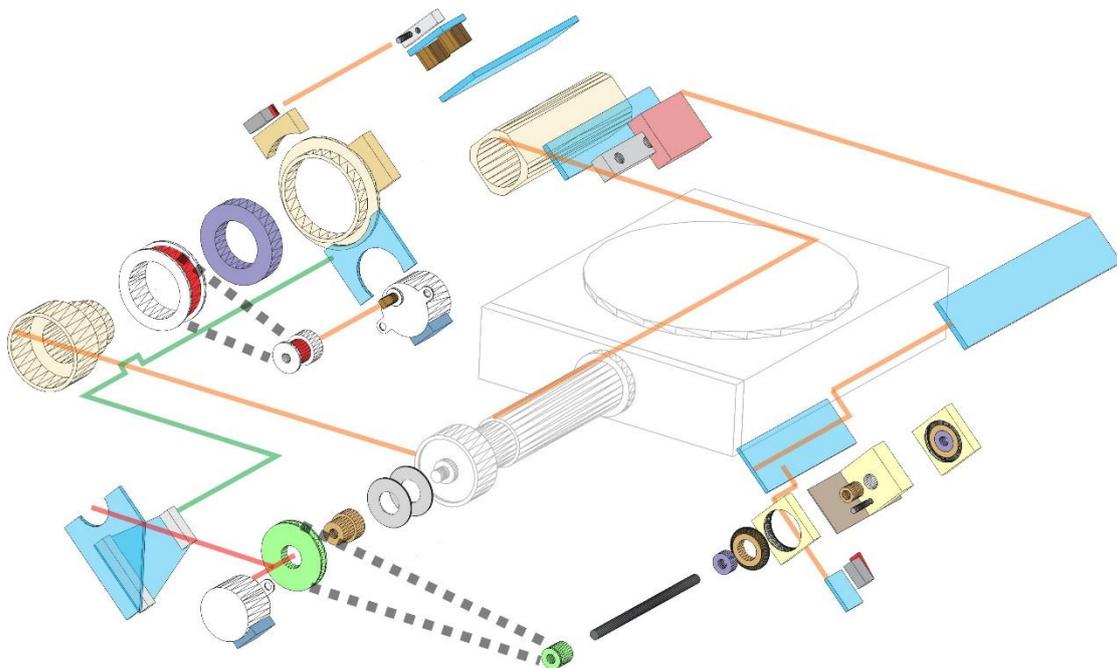
## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros do modelo prévio, fundamentado em ferramentas bidimensionais, alimentaram o novo modelo tridimensional. Em um sentido, convencionalmente inverso, se estruturou um modelo tridimensional do recurso de automatização já materializado (Figura 2).



**Figura 2.** A imagem, exposta à esquerda, ilustra o protótipo desenvolvido. À direita, situa-se o modelo tridimensional, em posição similar, desenvolvido com os mesmos parâmetros do protótipo.

O novo modelo tridimensional permitiu a construção do diagrama de vista explodida (Figura 3). Tal recurso descritivo tem elevada importância por elucidar as partes que compõe o sistema desenvolvido, assim como, no explicar de sequenciamento necessário à montagem.



**Figura 3.** Diagrama de vista explodida.

Incorreções constatadas no desenvolvimento do modelo tridimensional, coincidiram com desvios inesperados, identificados e corrigidos na montagem do dispositivo em questão.

## 5. CONCLUSÕES

O percurso do projeto de automatização se aproxima do seu término. O processo de registro de autoria e propriedade intelectual está próximo de ser desencadeado e por serendipidade presenteou o autor com novas ferramentas científicas e um melhor entendimento dos recursos computacionais disponíveis, além de permitir uma análise comparativa entre o projeto inicial e o projeto escolhido, materializado no ano de 2019.

## 6. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq pela bolsa e ao CETEM pelo apoio material investido neste projeto. Expresso minha gratidão ao meu orientador, professor Otávio, assim como ao professor Reiner, ao professor Bertolino e à professora Antonieta. Igualmente, agradeço aos amigos e companheiros de trabalho Felipe e Héllisson. Por fim, agradeço, imensamente, ao senhor Fernando, torneiro mecânico experiente, que materializou muito dos componentes constituintes do dispositivo desenvolvido.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELLAN, I.O.; GOMES, O.D.M. (2018). Automação da platina de um dispositivo de catodoluminescência para integração em sistema de microscopia correlativa. In: Jornada de Iniciação Científica, 26, 2018, Rio de Janeiro. **Anais da...** Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC.

BELLAN, I.O.; GOMES, O.D.M. Protótipo para automação da platina de um microscópio de catodoluminescência para integração em um sistema de microscopia correlativa. In: Jornada de Iniciação Científica, 27, 2019, Rio de Janeiro. **Anais da...** Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC.

GOMES, O.F.M. **Microscopia Co-Localizada: Novas Possibilidades na Caracterização de Minérios**. 2007. 105p. Tese (Doutorado) - Departamento de Ciência dos Materiais e Metalurgia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (Brasil).

GOMES, O.D.M.; NEUMANN, R. Correlative Microscopy Applied to Ore Characterization: reflected light microscopy, SEM, EDS, CL, and Raman. **Acta Microscopica**, v.26 (Supplement B), p.382-3, 2017.

GOMES, O.D.M.; PACIORNIK, S. (2012). Multimodal Microscopy for Ore Characterization. In: KAZMIRUK, V. (Ed). **Scanning Electron Microscopy**. Rijeka: InTech, 2012, p.313-34.

GÖTZE, J. Potential of cathodoluminescence (CL) microscopy and spectroscopy for the analysis of minerals and materials. **Anal Bioanal Chem**, v.374, p.703-8, 2002.

VORTISCH, W.; HARDING, D.; MORGAN, J. Petrographic analysis using cathodoluminescence microscopy with simultaneous energy-dispersive X-ray spectroscopy. **Mineralogy and Petrology**, v.79, p.193-202, 2003.