

# Estudio de componentes biológicos de la fenomenología de generación de drenaje ácido de minas, utilizando la técnica de respirometría

Estudio de componentes biológicos de la fenomenología de generación de drenaje ácido de minas, utilizando la técnica de respirometría

Ma del Rocío Martínez Lozano<sup>1</sup>

## RESUMEN

En el presente trabajo se estudiaron los componentes que participan en la generación de drenaje ácido de minas, en residuos que provienen de la industria minera y fue desarrollado en la Facultad de Engenharia do Porto, en Portugal, para ello se realizaron ensayos que permitan obtener la caracterización geoquímica y física en cada uno de los residuos, además de aplicar los métodos estáticos y de cinética para evaluar la predicción de generación de drenaje ácido, como iniciativa en la investigación se aplicó la técnica de respirometría que tiene como finalidad cuantificar la concentración de oxígeno y bióxido de carbono que se consumen en la reacción de oxidación en residuos que son susceptibles de general drenaje ácido, esta evaluación permite identificar la participación inicial de los microorganismos del genero thiobacillus que participan como catalizadores en la reacción.

**Palabras clave:** Acid mine drainage, respirometry and microorganisms.

## ABSTRACT

In the present work, the components that play a part in the generation of acid mine drainage, in wastes derived from the mining industry, were studied and was developed in the Faculdade de Engenharia do Porto, in Portugal. For this study, assays were conducted and enabled the physical and geochemical characterization of each of the wastes to be obtained. In addition, the static and kinetic methods were applied to evaluate the prediction of the generation of acid mine drainage. As an initiative in the investigation, the respirometry method was applied with the objective being to quantify the concentration of oxygen and carbon dioxide that is consumed as part of the oxidation reaction in wastes that are susceptible to the generation of acid mine drainage. This evaluation permits identification of the initial participation of microorganisms from the genera thiobacillus that take part as catalysts in the reaction.

**Keyword:** Acid drainage potential, respirometry and microorganism.

## INTRODUCCIÓN

En la búsqueda de la sustentabilidad de la actividad minera, surge la necesidad de atender la problemática ambiental que presentan todas aquellas empresas con problemas de generación de drenaje ácido de minas, presentándose este fenómeno por la presencia de oxígeno, mineral con presencia de sulfuros y agua, por lo que en estas condiciones favorecen el desarrollo de microorganismos del genero thiobacillus thiooxidans,

que participan como catalizadoras en la reacción de oxidación, motivo por el cual se suman a la solución de estos problemas Instituciones Educativas, Centros de Investigación y el mismo Sector Industrial. Como inicio en la investigación se considera la realización de un estudio de componentes biológicos de la fenomenología de generación de drenaje ácido de minas, aplicando la técnica de respirometría dirigido y apoyado por La Facultad de Engenharia do Porto, en Portugal.

1 Master Internacional Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Minerales - RED DESIR. E-mail: rmartinez@luismin.com

La técnica de respirometría tiene la finalidad de cuantificar la concentración de oxígeno que se requiere para llevar a cabo el proceso de oxidación de un sustrato que es predecible de generar drenaje ácido, además de identificar el inicio de la participación de los microorganismos del género *Thiobacillus*, a través de la medición de bióxido de carbono, ya que estos microorganismos toman el carbono celular que necesitan para su desarrollo del bióxido de carbono del ambiente, por lo que se desenvuelven en condiciones aerobias<sup>[5]</sup>, esta técnica presenta su aplicación a finales del siglo XIX<sup>[1]</sup> y ha sido aplicada para evaluar la participación de microorganismos en tratamiento de agua residual, descontaminación de suelo contaminado con hidrocarburos y compuestos orgánicos poli-cíclicos.

Para el desarrollo del presente proyecto se trabajó con residuos provenientes de la industria minera de Portugal, como lo es la unidad Minera Panasqueira que beneficia principalmente volframio y se encuentra ubicada en la vertiente sur de la cordillera montañosa de la sierra de estrela a una altitud cerca de 700 metros y a 300 kilómetros al norte de Lisboa<sup>[4]</sup>, así como residuos de la unidad minera Neves Corvo, que beneficia principalmente cobre y se encuentra ubicada en la zona de alentejo al sur de Portugal y al oeste de la denominada Faja Pirítica Ibérica (FPI), a 230 kilómetros al suroeste de Lisboa a una altitud de 200 metros sobre el nivel del mar<sup>[4]</sup>.

## METODOLOGÍA

En el presente estudio se trabajó con muestra de residuos provenientes de la industria minera los cuales fueron sometidos a una variedad de pruebas analíticas requeridas para llevar a cabo el estudio de componentes que participan en la generación de drenaje ácido de minas.

Como primera fase se realizó la caracterización química de cada una de las muestras en las que se determinó los elementos metálicos presentes en cada una de las muestras, éste parámetro tuvo su importancia debido a que los metales se solubilizan en condiciones ácidas, a concentraciones elevadas son consideradas tóxicas para el medio ambiente, el equipo de medición que se utilizó fue fluorescencia de rayos x, como se muestra en la figura 1 y 2, siguiendo con los ensayos se realizó el análisis de granulometría, esto con la finalidad de conocer el diámetro de partícula y con ello considerar el área disponible en el sólido para la reacción de oxidación.

Como segunda etapa de la investigación se realizaron ensayos estáticos (balance ácido base (ABA), balance ácido base modificado y extracción líquida de ácido) y de cinética (instalación de columna y extracción de iones utilizando el equipo Soxhlet) que establece

la Environmental Protection Agency, de los Estados Unidos (EPA) en su guía para determinar el potencial de generación de drenaje ácido de minas<sup>[2]</sup>. Como inicio en la investigación se consideró una tercera etapa en la que se aplicó la técnica de respirometría método que complementa a los métodos de cinética, siendo su importancia por la cuantificación de la concentración de oxígeno que participa en la reacción de oxidación en la generación de drenaje ácido, así como la cuantificación de bióxido de carbono, éste parámetro es importante puesto que indica el inicio de la participación de los microorganismos del género *thiobacillus thiooxidans* ya que toman su carbono celular del medio ambiente.

Equipo de trabajo implementado en el laboratorio de la Facultad de Engenharia do Porto, en Portugal.

En la figura 3 y 4 se ilustra la columna que fue instalada para realizar los análisis de cinética en cada uno de los residuos provenientes de las unidades mineras.

### a) Análisis de elementos metálicos

En la figura 1 y 2 se muestra el equipo de fluorescencia de rayos x que se utilizó para realizar los análisis de 26 elementos metálicos en cada una de las muestras provenientes de las unidades mineras, los análisis fueron realizados en La Facultad de Engenharia do Porto, en Portugal.



Figura 1. Calibración en equipo de fluorescencia de rayos x.



Figura 2. Análisis por fluorescencia de rayos x.

### b) Análisis de cinética

La instalación de columnas permitió evaluar la calidad de los lixiviados que se generan al estar en contacto con el sólido por un periodo de tiempo de tres días, con ello se evaluó la solubilidad de iones realizando la medición de parámetros como: pH, temperatura, sólidos disueltos totales, salinidad y conductividad en los lixiviados recuperados.

La utilización de extracción de iones utilizando el equipo Soxhlet, se realizó con la finalidad de extraer los iones solubles en agua y bajo la influencia en el incremento de temperatura, en este proceso se trabajó a una temperatura constante de 100 °C.



Figura 3. Extracción de lixiviados en columna.



Figura 4. Extracción de iones por Soxhlet.

### c) Análisis por respirometría

En los ensayos de respirometría se consideró una muestra de residuo de 300 gramos y 250 mL de agua de lluvia previamente caracterizada, la muestra se colocó en un reactor tipo batch y posteriormente se sometió al proceso de respirometría.

Para la realización de ensayos por respirometría se utilizaron los siguientes reactivos y equipo:

Reactivos

- Drierite
- Gel de sílice
- Ascarite

Equipo

- Columnas
- Bomba PP2
- Medidor de flujo
- Reactores
- Inter-conector de canales
- Condensador
- Analizador de oxígeno
- Analizador de bióxido de carbono.
- Computadora

La metodología que se contempla en el proceso de respirometría, inicia con la captación de aire del ambiente el cual se deja pasar a través de la columna que contiene drierite y gel de sílice ya que este tiene la finalidad de extraer la humedad presente en el flujo de aire, posteriormente es succionado por una bomba modelo

PP2, para conducirlo hacia el medidor de flujo, este tiene la finalidad de regular la entrada de flujo considerando en este proyecto un flujo de alimentación de 15 mL por segundo, de ahí el flujo entra al reactor que contiene los residuos, esto con la finalidad de mantener un medio aerobio, puesto que la reacción de oxidación requieren como principal elemento la presencia de oxígeno, posteriormente se pasa por una segunda columna para extraer la humedad que aun pudiera contener, seguido a la entrada del condensador, posteriormente se cuantifica la cantidad de bióxido de carbono por medio de un analizador de bióxido de carbono, después el flujo se conduce a una tercera columna la cual tiene como objetivo absorber el bióxido de carbono presente en el flujo de aire y finalmente se pasa al medido de oxígeno, el flujo de aire que paso por todo el proceso es regresado al medio ambiente. La información que se obtiene es registrada por el envío de una señal a un sistema digital (computadora) de cada uno de los analizadores,<sup>[1]</sup> el análisis y procesamiento de la información fue realizada utilizando el Software MatLab<sup>[5]</sup>.

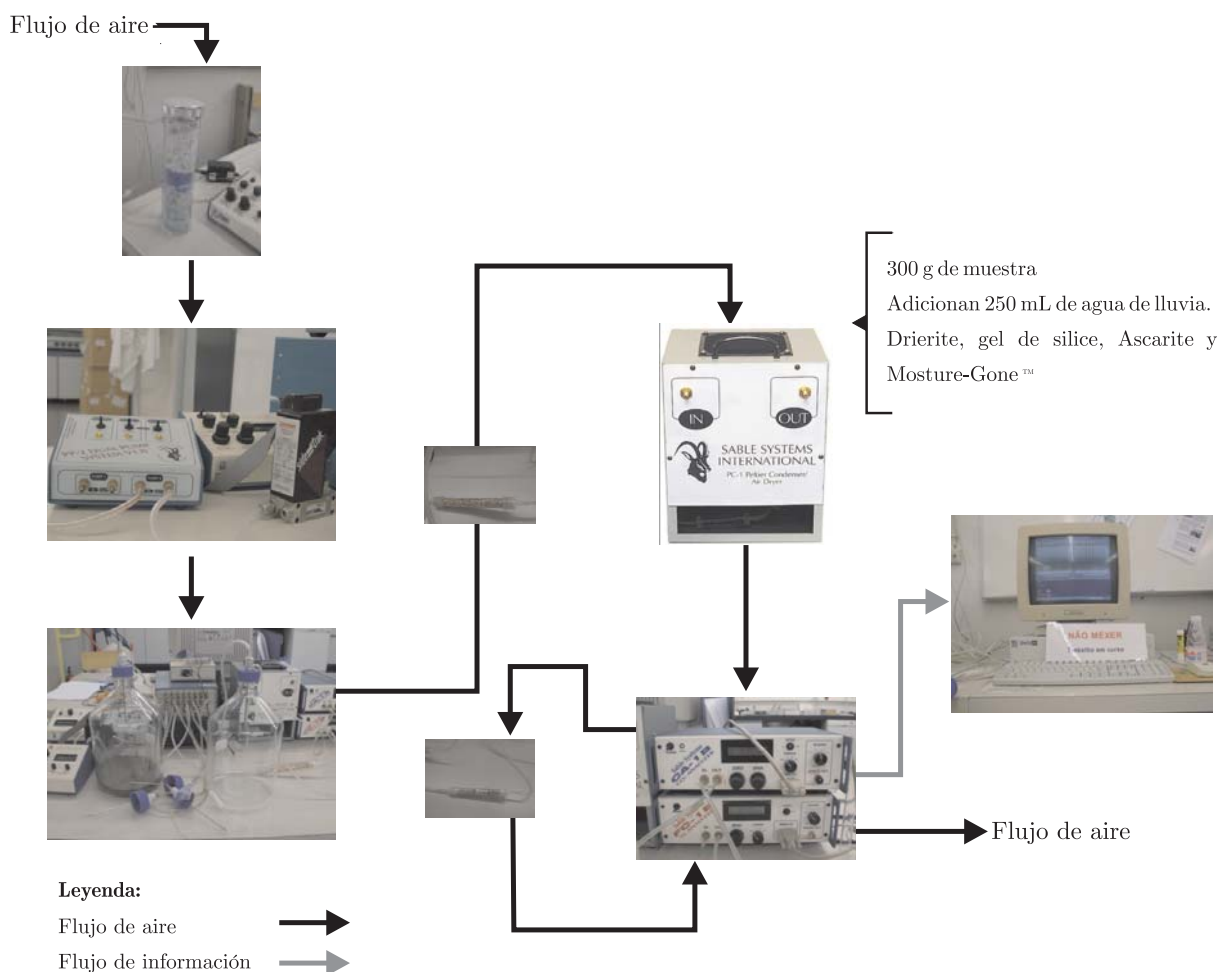


Figura 5. Diagrama de proceso de respirometría.

El diagrama que se indica en la figura 5, muestra el proceso llevado a cabo para la realización de los análisis de respirometría, utilizando muestra de la unidad minera Panasqueira.

## CONCLUSIONES

En el presente trabajo se llegó a las siguientes conclusiones:

- En la aplicación de los métodos estáticos en residuos de la unidad minera Panasqueira y Neves Corvo, indicaron generación de drenaje ácido de minas.
- En la aplicación de métodos de cinética como son ensayos en columna y equipo Soxhlet, algunos elementos presentaron solubilidad.
- La aplicación de la técnica de respirometría como inicio de la investigación, permitió la evaluación de parámetros que participan en la reacción de oxidación en la generación de drenaje ácido de minas, como fue la medición de oxígeno y bióxido de carbono, por lo que se considera un gran

avance en el área de investigación ello permitirá nueva generación de información que permitirá contar con las herramientas técnicas y científicas para definir el comportamiento de las variables que participan en el proceso de oxidación de residuos provenientes de la industria minera.

## RECOMENDACIONES

- Se considere un mayor número de muestras en función del volumen almacenado de residuos mineros provenientes de la unidad minera Panasqueira y Neves Corvo para predecir la generación de drenaje ácido de minas.
- Es importante se considere un tiempo mayor para los análisis de cinética con la finalidad de evaluar la cinética de la generación de drenaje ácido de minas en residuos de la Industria Minera.
- Se de seguimiento a los ensayos de respirometría con la finalidad de evaluar la participación de los microorganismos del genero thiobacillus thiooxidans en la reacción de oxidación en residuos que provienen de la industria minera.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco el apoyo brindado por La Faculdade de Engenharia do Porto, en Portugal, especialmente al Dr. Antonio Antunes Fiúza y a la Dr. Ma. Cristina Da Costa Vila.

Agradezco también el apoyo recibido por el programa Alfa, así como a todos los que con su esfuerzo y dedicación han logrado el desarrollo del proyecto Maestría Internacional para el Desarrollo Sostenible de los Recursos Minerales.

Agradezco el apoyo recibido por la empresa minera Luismin, S.A. de C.V. especialmente a MC. Hilda Pérez Andrade por seguir compartiendo su experiencia y conocimientos conmigo.

Agradezco el apoyo recibido por mis padres y hermanos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Da Costa Vila Ma Cristina. (2004): Reabilitação de solos observada através da Respirometria.
2. E.P.A. Environmental Protection Agency, (1994): Acid mine drainage prediction: U.S. EPA 530-R-94-036, December, 1994. (PDF file, 184 KB), <http://www.mincon.com/files//SPMC206%204-6-1.pdf>
3. ITGE Instituto Tecnológico GeoMinero de España (1998): Minería química
4. Universidade Do Porto, Faculdade de Engenharia (2003): Inventário Nacional de Resíduos Industriais.
5. Pérez C. (2002): Matlab ® y sus aplicaciones en las ciencias y la ingeniería. Pearson Educación, S.A., Madrid. ISBN: 84-205-3537-0.