

# EL USO DE SITUACIONES-PROBLEMA PARA LA ENSEÑANZA SUPERIOR DE ISOMERIA EN LA QUÍMICA INORGÁNICA

## THE USE OF PROBLEM SITUATIONS IN HIGHER EDUCATION ISOMERISM IN INORGANIC CHEMISTRY

**Jose E. Simões Neto<sup>1</sup>, Angela F. Campos<sup>2</sup>, Cristiano de A.C. Marcelino-Jr.<sup>2</sup>**

- (1) Universidad Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Unidad Académica de Serra Talhada, Fazenda Saco s/n, CEP: 56900-000 Serra Talhada, PE - Brasil
- (2) Universidad Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Departamento de Química, Avda. Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, CEP: 52171-900 Recife, PE - Brasil  
(e-mail: euzebiosimoes@hotmail.com; afernandescampos@gmail.com; cristianomarcelinojr@uol.com.br)

*Recibido: 13/07/2012 - Evaluado: 05/09/2012 - Aceptado: 04/12/2012*

### RESUMEN

En este estudio se investigó la asimilación del concepto de isomería, por parte de los alumnos de Licenciatura en Química, mediante una estrategia docente centrada en el planteamiento de una situación-problema (SP). La metodología consta de las siguientes etapas: elaboración de dos SP's siguiendo las orientaciones de Meirieu; confección de un texto y selección de modelos moleculares para la visualización espacial de las estructuras químicas; registro escrito de los alumnos referidos a las SP's y entrevista con algunos estudiantes. La experiencia relativa al desarrollo y uso de SP's permite constatar su potencial en la enseñanza de la isomería, tanto en la formación conceptual, como en la modificación de la visión tradicional (enseñanza por transmisión/recepción) predominante en las aulas de enseñanza superior de química, restringida a la pizarra, transparencias, y tiza y marcadores.

### ABSTRACT

This study investigated the understanding of isomerism by students of Bachelor degree in Chemistry exposed to a situation-problem (SP) teaching approach. The methodology involved the following stages: elaboration of two SPs as proposed by Meirieu; creation of a text and selection of molecular models for spatial visualization of the chemical structures; students' written reports respect to SPs and an interview with some of the students. Experience, in terms of development and use of SPs, demonstrated their potential in the teaching of isomerism, for both conceptual training and to modification of traditional view (teaching by transmission-reception) that predominates at university-level chemistry teaching, which is commonly restricted to the whiteboard, transparencies, chalk and markers.

Palabras clave: situación-problema; isomería; formación inicial de profesores; enseñanza  
Keywords: problem-situation; isomerism; initial teacher training; teaching

## INTRODUCCIÓN

El concepto de isómeros es básico en química y fue formalizado por Jöns Jacob von Berzelius (1779-1848) al proponer: "considero sustancias isómeras aquellas que poseen la misma composición química y el mismo peso atómico [molecular], y diferentes propiedades" (Berzelius, 1830, p.326 apud Cooke, 2004). Sin embargo, la comprensión del fenómeno químico entre los isómeros (el isomerismo), sólo se consiguió mediante la implantación de una teoría estructural unificada en la química orgánica durante el siglo XIX, y con los fundamentos de la química de coordinación y de la estereoquímica de compuestos inorgánicos, en el inicio del siglo XX. En este sentido destacan los trabajos de Alexander Butlerov (1828-1886) en la comprensión de la isomería constitucional, los de Jacobus Henricus van't Hoff (1852-1911) y Joseph-Achille Le Bel (1847-1930) en estereoisomería de compuestos orgánicos y los de Alfred Werner (1866-1919) en la estereoisomería inorgánica. La posibilidad de existencia de isomería entre sustancias orgánicas y/o inorgánicas es una característica de ese fenómeno y está presente en la ontogénesis del concepto de isómero. Poco enfatizado en la enseñanza actual de química escolar, el isomerismo que involucre sustancias inorgánicas fue un punto clave de los dos episodios principales en la formalización berzeliana. El primero supuso las síntesis de dos compuestos diferentes con la fórmula AgOCN: la del fulminato de plata, por Justus von Liebig (1803-1873) y su maestro Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850); y la del cianato de plata, por Friedrich Wöhler (1800-1882). El otro episodio fue la síntesis de la urea (un compuesto considerado orgánico) por Wöhler, a partir de la isomerización del cianato de amonio (un compuesto considerado inorgánico).

La falta de consideración fenomenológica hacia el isomerismo hizo que perdiese parte de su dimensión integradora durante el desarrollo histórico de la enseñanza de la química. El foco pedagógico se direccionó al tratamiento de la isomería dentro de la división tradicional curricular entre química inorgánica y química orgánica. En muchas propuestas curriculares de cursos superiores de química, esta sistematización proporciona una enseñanza fragmentada y sin relaciones entre contenidos teóricos, llevando a tratamientos diferenciados del concepto de isómeros dentro de esas áreas de estudio. A pesar de que las dos ramas siguen el sistema principal de clasificación que agrupa tradicionalmente los diferentes tipos de isomería en isomería constitucional e isomería espacial o estereoisomería, en la química inorgánica el tratamiento se limita exclusivamente a los compuestos de coordinación isoméricos, mientras que en la química orgánica se tienen diferentes clasificaciones de isómeros orgánicos de acuerdo a la teoría estructural. Este último tipo de tratamiento ha sido referente en la enseñanza y aprendizaje del concepto de isomería en la química escolar en Brasil, reforzado por las propuestas adoptadas en los libros de texto.

El tratamiento focalizado exclusivamente en los compuestos orgánicos isoméricos puede contribuir a una visión reduccionista del concepto de isómeros, al restringirlos únicamente a determinados grupos de sustancias. Con ello se incurre en algunos riesgos en el mensaje docente, tanto para los alumnos como para los profesores, que puede provocar: i) asociación conceptual equivocada; ii) devaluación de las relaciones históricas y epistemológicas en torno al desarrollo del concepto; y iii) coloca en compromiso otros aspectos importantes de la isomería, como las características, propiedades y aplicaciones de algunos isómeros inorgánicos. La falta de una visión integradora en la enseñanza y aprendizaje de la isomería refuerza el tratamiento tradicional, que vicia la enseñanza y aprendizaje de la isomería en aspectos como el énfasis en los aspectos representacionales y microscópicos (Raupp *et al.*, 2010) y la ocultación las propiedades y aplicaciones de diferentes isómeros inorgánicos, señalados como uno de los más interesantes aspectos de la química de coordinación (Yang & Fang, 2000).

Las investigaciones en Educación Química con la isomería como objeto de estudio son discretas, si se comparan con otros contenidos curriculares y con poco énfasis en la isomería de compuestos inorgánicos, aunque haya trabajos en esa dirección como los de Queiroz y Batista (1998) y Yang y Fang (2000). En esa línea de investigación, se ha dedicado mas esfuerzo a la resolución de las relaciones visioespaciales de los estudiantes y su aprendizaje de estereoisomería (Kurbanoglu *et al.*, 2006).

Considerando los problemas indicados y tratando, en este sentido, de contribuir a ello, el objetivo de este estudio es investigar las concepciones de los estudiantes del curso de Licenciatura en Química de la UFRPE sobre el concepto de isomería.

El aprendizaje basado en el planteamiento de problemas es un área consolidada dentro de la enseñanza en Ciencias, con manifestaciones e ideas variadas en lo que se refiere a la forma y el contenido (Ayuso *et al.*, 1996; Nieto & Aznar, 1997; Martínez *et al.*, 2009; García, 2000; Gómez, 2007; Goi & Santos, 2009; Larcerda *et al.*, 2012). Para este trabajo se utilizará la estrategia didáctica de resolución de situaciones-problema. Se asume en este estudio la idea de Meirieu (1998, p. 192) referente a la definición de lo que es la situación-problema: "...es una situación didáctica en la cual se propone al sujeto una tarea que no puede realizar sin efectuar un aprendizaje preciso. Y ese aprendizaje, que constituye el verdadero objetivo de la situación problema, se da al superara obstáculos en la realización de la tarea". Según Meirieu (1998, p. 192), la construcción del conocimiento utilizando la situación-problema debe provocar que los participantes efectúen operaciones mentales de manera adecuada, respetando el raciocinio individual sin renunciar a los objetivos de construcción del conocimiento comunes al grupo. A causa de estas características, la construcción de situaciones-problema no es fácil, exigiendo gran habilidad y cualificación por parte de los profesores-elaboradores.

El autor describe seis características centrales en la definición de una situación-problema (Meirieu, 1998 p. 173):

- i) se propone a los sujetos la realización de una tarea;
- ii) la tarea sólo puede ser ejecutada si se supera el obstáculo;
- iii) la superación del obstáculo debe representar un nivel en el desarrollo cognitivo del sujeto;
- iv) el obstáculo debe constituir el verdadero objetivo de adquisición del educador;
- v) la tarea debe presentar un sistema de restricciones con el fin de que los sujetos no ejecuten el proyecto sin superar los obstáculos;
- vi) debe suministrarse a los sujetos recursos (materiales e instrucciones) que les permitan vencer el obstáculo.

## METODOLOGÍA

La investigación presentada fue realizada con estudiantes del tercer periodo del Curso de Licenciatura en Química de la UFRPE, matriculados en la disciplina Química Inorgánica. Siguiendo las recomendaciones de Meirieu (1998), se elaboraron dos situaciones-problema, que se presentan a continuación:

**SP1:** *Los orígenes del estudio químico de la isomería remiten al siglo XVIII, cuando dos grandes científicos de la época, los alemanes Liebig y Wöhler envían, independientemente, artículos relatando el descubrimiento de determinado compuesto de plata (AgCNO) para su publicación. Sin embargo, el editor nota que a pesar de que la fórmula propuesta en los dos artículos es la misma, las propiedades descritas son muy diferentes. Pensando en la estructura de los compuestos, ¿cuál es la explicación que daría usted?*

**SP2:** *Para el tratamiento anti-tumoral en pacientes en estado inicial, el director-médico de un importante hospital de la Región Metropolitana del Recife ha realizado un pedido de determinada substancia a un laboratorio químico de la región, expresando en el fax enviado únicamente la fórmula "molecular" del compuesto:  $[Pt(NH_3)_2Cl_2]$ . El envío se realiza, pero sólo algunas muestras son eficientes en el tratamiento de la enfermedad. ¿Qué puede haber ocurrido?*

Para ayudar en el proceso de resolución de las situaciones-problema, se elaboró un texto abordando la isomería de forma unificada. La intervención completa consistió en las siguientes etapas:

- i) Debate sobre la Isomería, utilizando el material textual generado por los investigadores como fuente de recursos (Meirieu, 1998) y modelos moleculares comerciales. El texto se realizó apoyándose en libros de las áreas de química inorgánica y orgánica de amplio uso en las universidades brasileñas, tales como Lee (1999), Shriver y Atkins (2003) y Solomons y Fryhle (2000).
- ii) Resolución en grupo de las situaciones-problema, de la asignatura de química inorgánica del curso de Licenciatura en Química da UFRPE, con un tiempo medio de 1 hora y 40 minutos.

iii) Posterior entrevista (realimentación) con algunos estudiantes seleccionados, denominados grupos Orange (G3), White (G3) y Pink (G2), acerca del trabajo con las situaciones-problema.

#### Análisis de las respuestas de los estudiantes a las situaciones-problema

En esas dos situaciones-problema se elaboraron los criterios considerados para su resolución y se categorizaron para análisis las respuestas producidas por los grupos tal y como se describe a continuación.

- Situación-problema I – Se debe explicar la diferencia entre las propiedades de dos compuestos inorgánicos con la misma fórmula molecular AgCNO sometidos para la publicación en una revista en el inicio del siglo XVIII. Para esa situación-problema, se utilizaron los siguientes criterios para categorizar las respuestas:

Respuesta Satisfactoria (RS) - utiliza correctamente el concepto de isómeros y/o de isómeros constitucionales para conectar una relación causa-efecto entre las diferentes propiedades y la fórmula molecular de los dos compuestos inorgánicos.

Respuesta Poco Satisfactoria (RPS) – trata de utilizar el concepto de isómeros y/o de isómeros constitucionales para conectar una relación causa-efecto entre las diferentes propiedades y la fórmula molecular de los dos compuestos inorgánicos, pero no la explica con claridad.

Respuesta Insatisfactoria (RI): utiliza erróneamente y/o no utiliza los conceptos isómeros y/o de isómeros constitucionales para conectar una relación causa-efecto entre propiedades y fórmula molecular de los dos compuestos.

- Situación-problema II - Se debe argumentar sobre el problema relacionando a las ineficacias presentadas por algunas muestras del producto farmacéutico anti-tumoral con la posibilidad de que haya sido enviada al hospital otra sustancia isomérica. En esa situación-problema, se utilizaron los siguientes criterios para la categorización de las respuestas:

Respuesta Satisfactoria (RS): utiliza correctamente el concepto de isómeros y/o de isómeros geométricos cis-trans para relacionar la falta de la actividad biológica exhibida en alguna de las muestras con la posibilidad de que hayan enviado al hospital otra sustancia isomérica de este compuesto inorgánico.

Respuesta Poco Satisfactoria (RPS): Trata de usar el concepto de isómeros y/o de isómeros geométricos cis-trans para relacionar la falta de la actividad biológica exhibida en alguna de las muestras con la posibilidad de que hayan enviado al hospital otra sustancia isomérica de este compuesto inorgánico, pero no lo hace con claridad.

Respuesta Insatisfactoria (RI): utiliza erróneamente y/o no utiliza los conceptos de isómeros y/o de isómeros geométricos cis-trans para relacionar la falta de la actividad biológica exhibida en alguna de las muestras con la posibilidad de que hayan enviado al hospital otra sustancia isomérica de este compuesto inorgánico.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1, se presenta el análisis de las dos situaciones-problema enunciadas en el apartado anterior.

Tabla 1: Análisis de las respuestas de las situaciones-problema

| Situación-problema | Grupo (G) |     |    |     |    |    |     |     |     |
|--------------------|-----------|-----|----|-----|----|----|-----|-----|-----|
|                    | G1        | G2  | G3 | G4  | G5 | G6 | G7  | G8  | G9  |
| I                  | RS        | RS  | RS | RPS | RI | RI | RPS | RI  | RPS |
| II                 | RI        | RPS | RS | RI  | RI | RS | RI  | RPS | RPS |

Se percibe que las dos situaciones-problema han presentado diferente grado de dificultad para los estudiantes participantes en la investigación. En ambas, las cantidades de RI y de RPS son superiores las de RS. Esta circunstancia confirma lo que Meirieu (1998) observó, que siempre inventamos para no tener que aprender y no por ello hemos de atribuir a los alumnos mala voluntad por el hecho de intentar ejecutar alguna tarea sin aprender, sino que debemos motivarlos hacia la búsqueda de una solución para la problemática que se les ha propuesto. Además de eso, el concepto de isomería no es simple, ya que exige capacidad de visión espacial, de abstracción y durante la intervención didáctica (debate del material textual) los alumnos han de comprender el concepto dentro de una visión integrada de la química Orgánica e inorgánica

Sin embargo, se observó una dificultad mayor en la situación-problema II, la aplicación de diaestereoisómeros inorgánicos con propósitos medicinales. En este caso, la dificultad ha sido insalvable para algunos. Se verifica que el hecho de que el problema contenga una forma de presentación diferente a la resolución de un simple ejercicio supone una dificultad adicional para los licenciandos investigados. En determinados momentos, los estudiantes parecían intrigados debido al hecho de que las resoluciones exigían una forma de pensar diferente a la cual estaban acostumbrados, dificultad intensificada por la inclusión de sustancias inorgánicas. Tal característica se apreció durante las entrevistas.

Se resalta que el grupo 03 presenta respuestas bastante interesantes, grupo que también destacó por la presentado en la situación/problema. Destacar la analogía realizada entre el contexto de la situación/problema II (compuestos inorgánicos) con la tragedia de la Talidomida (compuesto orgánico). Siguen las respuestas del grupo para las dos situaciones/problema:

**SP I (G3)** *"Los compuestos obtenidos por Liebig y Wöhler son isómeros constitucionales, o sea, presentan la misma fórmula molecular, pero al estar sus átomos enlazados entre sí de forma diferente, tienen propiedades físicas y químicas diferenciadas"*

**SP II (G3):** *"El compuesto debe presentar isomeria CIS/TRANS, con uno de ellos eficaz en el tratamiento de la enfermedad. Podemos observar una analogía en la Talidomida, utilizada por mujeres embarazadas para combatir el mareo, pero que en una de sus formas provoca deformaciones en el feto. La Talidomida está prohibida hoy en día "*

Para la primera situación-problema, se muestra un ejemplo de respuesta poco satisfactoria (G4) e insatisfactoria (G8):

**SP I (G4):** *"Los compuestos tienen la misma fórmula molecular pero la organización de los átomos es diferente, así que los compuestos son diferentes y presentan estabilidades diferentes y funciones diferentes"*

**SP I (G8):** *"Las estructuras diferentes fueron en aquel momento el foco de todas las respuestas, ya que con estructuras diferentes, obviamente, tuvieron propiedades totalmente diferentes a pesar de tener los mismos compuestos químicos. Otro factor importante a observar en esta estructura son sus enlaces químicos, que tendrían una fuerte importancia en esta caracterización"*

Finalmente, se muestra la respuesta poco satisfactoria (G2) y una insatisfactoria (G5) para la situación-problema II:

**SP II (G2):** *"La Isomería es un fenómeno que está relacionado directamente con la fórmula molecular de sus compuestos. Sin embargo, este fenómeno ocurre cuando dos compuestos químicos tienen la misma fórmula molecular, y si se trata de medicamentos, la fórmula molecular no resulta suficiente para identificar un compuesto, ya que los átomos pueden enlazarse de forma diferente, como en el caso del etanol y el metoximetano."*

**SP II (G5):** *"Puede que lo que haya ocurrido haya sido el envío de isómeros de polimerización, es decir, compuestos con la misma fórmula mínima, pero diferentes proporciones atómicas, ya que no todas las muestras fueron eficientes.*

#### Análisis de las entrevistas

Los licenciados entrevistados concordaron en que la discusión y la resolución de las situaciones-problema en grupo, ayudaron en la comprensión de conceptos en isomería.

Los 3 (tres) licenciados afirmaron haber estudiado los conceptos de isomería en compuestos orgánicos durante la enseñanza media. Pero el conocimiento de su existencia en compuestos inorgánicos fue una novedad. Consideran la isomería un concepto difícil cuando involucra compuestos de coordinación.

White – *"[...] Cuando involucra lo inorgánico, se complica".*

Se destaca por los entrevistados la dificultad en la visualización tridimensional de las moléculas de las sustancias isoméricas representadas en el plano. En este caso, el trabajo con el texto y con los modelos moleculares se consideró positivo e interesante.

White - *"Tengo problemas con la visualización 3D, por lo que los modelos me ayudaron bastante para 'ver' las estructuras".*

Los licenciados pasaron bastante tiempo observando sus respuestas al recibir las fichas con las soluciones a las dos situaciones-problema. Cuando se les preguntó "basándose en su respuesta a la situación-problema, usted ¿puede explicar porque sólo uno de los isómeros se mostró eficiente?", sólo Orange intentó dar una explicación:

Orange - *"A causa de la formación molecular. Uno es cis y el otro es trans, con lo que están en posiciones diferentes, uno funciona al estar en esa posición y el otro hará una conexión diferente de los otros elementos de la molécula, porque es un medicamento. Porque el que es un medicamento, puede conectarse al cuerpo, y si tuviera otra conexión, no haría efecto".*

Se constata que en esa respuesta no son utilizadas las propiedades necesarias y suficientes del concepto de isómeros geométricos *cis-trans* dentro de la argumentación, cosa que se observa también en las respuestas a las situaciones-problema. Por lo tanto, no puede ser considerada como una explicación que utilice un pensamiento teórico apoyado en un contenido científico capaz de relacionar la causa-efecto relativo a la actividad del producto farmacéutico.

## CONCLUSIONES

El uso de las situaciones-problema en la enseñanza-y aprendizaje de isomería en compuestos inorgánicos en la disciplina de Química Inorgánica proporcionó el contacto de licenciados en el inicio de su proceso formativo (tercer período) con una estrategia poco utilizada en disciplinas previas del curso de Licenciatura en Química, clasificadas como de "contenido específico". Se posibilitó también un tratamiento menos fragmentado en torno a un concepto central en la química, el de los isómeros.

La oportunidad del tratamiento conjunto de aspectos de la isomería en compuestos inorgánicos y orgánicos dentro de una disciplina de Química Inorgánica busca dar también esa contribución. Tal posicionamiento intenta evitar un reduccionismo del isomerismo a la química orgánica, especialmente durante la enseñanza media, principal campo de ejercicio profesional de los futuros profesores de química.

Los conceptos en isomería necesitan un análisis que articule y facilite la representación tridimensional de las moléculas. En ese caso, es importante desarrollar las habilidades visioespaciales de los estudiantes. De acuerdo

a esta investigación, se pueden usar diferentes instrumentos didácticos con este objeto, como textos y modelos 3D concretos.

De la misma forma que en otras investigaciones, la experiencia en cuanto al desarrollo y uso de situaciones-problema permite constatar su potencialidad en la enseñanza de la isomería, tanto para la formación conceptual como para modificar un poco la visión tradicional (enseñanza por transmisión-recepción), predominante en las salas de aula de la enseñanza superior de química, restringida comúnmente a pizarras, transparencias y tizas.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo de CAPES/Brasil

## REFERENCIAS

1. Ayuso, E., Banet, E. & Abellán, T. (1996). Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y el bachillerato II. ¿Resolución de problemas o realización de ejercicios?. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (2), 127-142.
2. Berzelius, J.J. (1830). On the Composition of Tartaric Acid and Racemic Acid (John's Acid from the Vosges Mountains), on the Atomic Weight of Lead Oxide, Toghueder with General Remarks of Those Substances with Have the Same Composition but Different Properties. *Poggendorf's Annalen der Physik und Chemie*, 19. In: Cooke, H. A. (2004). Historical Study of Structures for Communication of Organic Chemistry Information prior to 1950. *Org. Biomol. Chem.*, 2, 3179-3191.
3. García, J.J. (2000). La solución de situaciones problemáticas: una estrategia didáctica para la enseñanza de la química. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(1), 113-129.
4. Goi, M.E.J. & Santos, F.M.T. (2009). Reações de combustão e impacto ambiental por meio de resolução de problemas e atividades experimentais. *Química Nova na Escola*, 31 (3), 203-209.
5. Gómez, M.R. (2007). Factores que influyen en el éxito de los estudiantes al resolver problemas de química. *Enseñanza de las Ciencias*, 25 (1), 59-72.
6. Kurbanoglu, N.I., Taskesenligil, Y. & Sozbulir, M. (2006). Programmed instruction revisited: a study on teaching stereochemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 7, 13-21.
7. Lacerda, C.C., Campos, A.F. & Marcelino-Jr., C.A.C. (2012). Abordagem dos conceitos mistura, substância simples, substância composta e elemento químico numa perspectiva de ensino por situação-problema. *Química Nova na Escola*, 34 (2), 75-82.
8. Lee, J.D. (1999). Química Inorgánica no tão Concisa. São Paulo: Editora Edgar Blücher.
9. Martínez, M.P., Carmen, M. & García, J.A.P. (2009). El planteamiento de problemas y la construcción del teorema de Bayes. *Enseñanza de las Ciencias*, 27(3), 331-342.
10. Meirieu, P. (1998). Aprender... sim, mas como? 7. Ed. Porto Alegre: Editora Artmed.
11. Nieto, M.P.V. & Aznar, M.M.M. (1997). Una estrategia de cambio conceptual en la enseñanza de la física: la resolución de problemas como actividad de investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (2), 173-188.
12. Queiroz, S.L. & Batista, A.A. (1998). Isomerismo *cis-trans*: de Werner aos nossos dias. *Química Nova*, 21 (2), 193-201.

13. Raupp, D., Serrano, A., Martins, T.L.C. & Souza, B.C. (2010). Uso de um software de construção de modelos moleculares no ensino de isomeria geométrica: um estudo de caso baseado na teoria de mediação cognitiva. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 9 (1), 18-34.
14. Shriver, D.F. & Atkins, P.W. (2003). *Química Inorgânica*. 3. ed. Porto Alegre: Bookman.
15. Solomons, G. & Fryhle, C. (2000). *Química Orgânica*. V. 1. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC.
16. Yang, W. & Fang, T. (2000). Problem-solving in inorganic stereochemistry for novice science major students. *Chemical Education Journal*, 4 (1), 4-13.