

**CONTROVÉRSIAS SOCIOTÉCNICAS: UMA PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE ENGENHARIA**

**CONTROVERSIA SOCIOTÉCNICA: UNA PROPUESTA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE INGENIERÍA**

**CONTROVERSY SOCIOTECHNICAL: A DIDACTIC PROPOSAL FOR ENGINEERING EDUCATION**

Vágner Ricardo de Araújo PEREIRA<sup>1</sup>  
Carlos Roberto Massao HAYASHI<sup>2</sup>

**RESUMO:** Neste artigo é apresentada uma proposta didática interdisciplinar com o objetivo de analisar questões sociotécnicas controversas em cursos de engenharia e contribuir para o desenvolvimento dos raciocínios crítico e reflexivo por meio da argumentação. A proposta foi elaborada com base em pesquisa realizada em uma turma de engenharia em horário extraclasse. A pesquisa foi delineada na forma de estudo de caso com análise qualitativa de dados. Os resultados indicam que os estudantes se envolvem e valorizam atividades interdisciplinares em sua formação profissional, entretanto, introduzi-las no currículo regular ainda é um desafio.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ensino de engenharia. Interdisciplinaridade. Questões sociotécnicas controversas. Ciência, tecnologia e sociedade. Padrão de argumentos de Toulmin.

**RESUMEN:** En este artículo se presenta una propuesta didáctica interdisciplinaria con el objetivo de analizar cuestiones sociotécnicas controvertidas en carreras de ingeniería y contribuir con el desarrollo de los raciocinios crítico y reflexivo por medio de la argumentación. La propuesta fue elaborada con base en investigación realizada en una clase de ingeniería en horario extra clase. La investigación fue delineada en la forma de estudio de caso con análisis cualitativo de datos. Los resultados indican que los estudiantes se involucran y valoran actividades interdisciplinarias en su formación profesional, sin embargo, introducirlas en el currículo regular sigue siendo un desafío.

**PALABRAS CLAVE:** Enseñanza de ingeniería. Interdisciplinariedad. Cuestiones sociotécnicas controvertidas. Ciencia, tecnología y sociedad. Patrón de argumentos de Toulmin.

**ABSTRACT:** This paper presents an interdisciplinary didactic proposal with the aim of analyzing controversial sociotechnical issues in engineering education and contributes to the development of critical and reflexive reasoning through argumentation. The proposal was based on research done in an engineering class in extra-class hours. The research was outlined

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), Catanduva – SP – Brasil. Professor de Física. ORCID: <<http://orcid.org/0000-0002-0168-8594>>. Correo: [vagner.pereira@ifsp.edu.br](mailto:vagner.pereira@ifsp.edu.br)

<sup>2</sup> Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos – SP – Brasil. Professor del PPGCTS. ORCID: <<http://orcid.org/0000-0003-1481-5545>>. Correo: [massao@ufscar.br](mailto:massao@ufscar.br)

*as a case study with qualitative data analysis. The results indicate that students engage and value interdisciplinary activities in their professional qualification; however, introducing them into the regular curriculum is still a challenge.*

**KEYWORDS:** *Engineering education. Interdisciplinarity. Controversial sociotechnical issues. Science, technology and society. Toulmin's argument pattern.*

## Introducción

La propuesta educacional presentada por las DCNs (Directrices Curriculares Nacionales) para las carreras de ingeniería en Brasil (BRASIL, 2002) incentiva una formación más allá de los aspectos técnicos de cada área, pues considera esencial la discusión de cuestiones interdisciplinarias, con destaque a los aspectos humanísticos y a los raciocinios crítico y reflexivo, teniendo en cuenta una actuación profesional más amplia en el mundo contemporáneo. Tales habilidades y competencias también están presentes en directrices curriculares internacionales, por ejemplo, en el *Criteria for Accrediting Engineering Programs* (ABET, 2014).

El significado de interdisciplinaridad traspasa el de la simple junción de asignaturas en la matriz curricular de las carreras, pues requiere una actitud de osadía y búsqueda frente al conocimiento (FAZENDA, 2008). En este sentido, Kline (2001) afirma que el campo de estudios CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad) puede contribuir significativamente para la enseñanza de ingeniería, principalmente respecto a las discusiones sobre cuestiones éticas, pues fornece subsidios analíticos más profundos, complementando un análisis moral que la filosofía puede proporcionar.

A pesar de las orientaciones de las DCNs, la realidad del salón de clases en carreras de ingeniería en el país parece aún no hacer este camino, pues generalmente no estimula oportunidades para reflexión sobre cuestiones interdisciplinarias, puesto que en la mayoría de las veces la enseñanza es ofrecida según una metodología tradicional, con énfasis en el aprendizaje mecánica de conceptos técnicos y memorización. Además de eso, es posible encontrar en diversas instituciones de enseñanza algunas incongruencias entre la vivencia del salón de clase y los documentos que formalizasen esta realidad, así como divergencias entre esta vivencia y las necesidades de la sociedad actual, incluyendo aquellas del mercado laboral. Cuestiones éticas, culturales y sociales muchas veces son desconsideradas.

La enseñanza de ingeniería en Brasil, acorde con Brazzo (2010), no cumple plenamente sus objetivos, pues no proporciona condiciones para que los estudiantes adquieran las

habilidades y competencias necesarias para la formación de un profesional que atienda a los deseos de la sociedad, principalmente por la desconexión que hay con las discusiones sobre cuestiones políticas, económicas sociales y ambientales.

Investigación desarrollada por Souza *et al.* (2015), con estudiantes de ingeniería de una institución pública del interior del estado de São Paulo, fornece elementos para concluir que, desde el punto de vista de los estudiantes,

[...] Todavía es necesario desarrollar como un todo el conjunto de competencias presentadas por las DCN, que aún existe cierta propensión a desarrollarse las habilidades técnicas y llenas de contenidos en razón de las demás en todo el conjunto. Se consigue también sugerir que hay cierta discrepancia entre el que la universidad ha desarrollado en el alumno y que las empresas han considerado importante para estos profesionales (SOUZA *et al.*, 2015, p. 29).

Algunas propuestas han surgido para implantar en carreras de ingeniería asignaturas que puedan generar una aproximación del ambiente académico con situaciones reales del mercado laboral, buscando analizar críticamente el papel del profesional involucrado en el proceso, en sus diversos aspectos, éticos, políticos, sociales, económicos, etc. (PEREIRA; BAZZO, 2008). En este contexto, se destaca, nuevamente, el campo de estudios CTS, como forma de reunir elementos para análisis (PEREIRA; BAZZO; LINSINGEN, 2000).

En este artículo, se busca contribuir para una formación y actuación más amplias del ingeniero; para ello, se elaboró una propuesta didáctica con base en una investigación delineada en la forma de estudio de caso con análisis cualitativa de datos. Ella se desarrolló en un grupo de ingeniería de una institución particular del interior del estado de São Paulo. El objetivo fue mapear la inserción de un conjunto de actividades extracurriculares de cuño interdisciplinar, con base en el campo de estudios CTS. En estas actividades, hacen parte de discusiones sobre cuestiones socio técnicas controversias, teniendo en mente romper con el modelo tradicional de enseñanza, teniendo en cuenta que el estímulo de los raciocinios crítico y reflexivo, conforme sugiere las DCNs, no puede ocurrir por medio de una enseñanza tradicional, con enfoque sólo en las habilidades técnicas y llenas de contenidos (PEREIRA; HAYASHI, 2016).

## Metodología

La propuesta didáctica fue elaborada con base en el análisis de actividades desarrolladas en un grupo de 41 estudiantes del período diurno, involucrando tres carreras de ingeniería: Mecánica, Producción y Química. Ellas ocurrieron en encuentros quincenales y en horarios

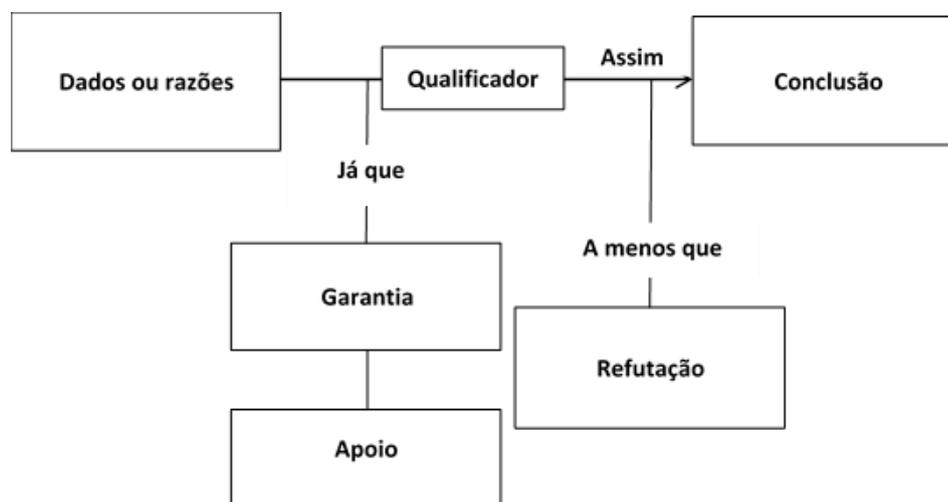
extra clase, y el investigador también actuó como profesor de Física del grupo, lo que ha facilitado el contacto entre las personas. Tras un período de dedicación, 25 estudiantes participaron de la propuesta completa, que se ha desarrollado a lo largo del primer semestre de 2014. En 2015, un segundo momento fue propuesto como forma de complementar los datos obtenidos.

Considerando la franja etaria y con un carácter exploratorio, los estudiantes involucrados fueron orientados a agruparse espontáneamente, lo que generó siete equipos, siendo que cada uno se dedicó al estudio de una cuestión socio técnica controversia de libre elección. Los temas fueron debatidos acorde con un cronograma establecido, pues esta actividad concurría con las demás actividades curriculares de los estudiantes. Fue necesario interrumpir el proceso en períodos de prueba. Los debates fueron grabados en video y transcritos para análisis.

Entre las actividades propuestas para la dedicación están: discusiones sobre el papel del ingeniero en la sociedad, la influencia de la tecnología y de la innovación en la vida de las personas, la construcción social de la tecnología y el significado de controversias científicas y tecnológicas. Textos, presentaciones en *Power Point* y videos disponibles en internet fueron utilizados en estas actividades, que ocurrieron antes de la división del grupo en equipos para la preparación de los debates en la forma de fórums simulados (PEREIRA; HAYASHI, 2016). Se puso disponible el material a los estudiantes en un grupo cerrado en *Facebook*®.

En el segundo momento de la investigación, en 2015, fue dado el énfasis a la construcción de la argumentación, identificando los principales elementos del discurso de cada actor en los debates, buscando mejorar su poder de convencimiento. Toulmin (2001) afirma que la manera como los argumentos son utilizados para basar una conclusión varía mucho acorde con el contexto, sin embargo, es posible encontrar estructuras invariables en estos argumentos, dentro de ciertos límites, así como en los preceptos utilizados en sus críticas, por más distintos que sean los campos del conocimiento.

Un esquema de argumento sofisticado es necesario para exponer una idea con imparcialidad lógica y comprender adecuadamente su naturaleza (TOULMIN, 2001). En el esquema propuesto por Toulmin (2001), aquí nombrado TAP (Patrón de Argumentos de Tolumin, en la sigla en inglés), los hechos utilizados para basar la conclusión (alegación) son nombrados de datos y pasan por algunas etapas. En estas etapas se encuentran las afirmaciones o hipótesis que sostienen al vínculo existente entre los datos y la conclusión (Figura 1).

**Figura 1 - Estrutura para análise TAP**

Fuente: Toulmin (2001)

Según Toulmin (2001), para que un argumento esté completo es necesario fornecer más detalles sobre cuestiones en cuáles situaciones la justificativa es válida. De este modo, se pueden incorporar a otros elementos para dar apoyo a la garantía (justificativa), principalmente utilizando aquellos que no son objetivos de fuertes cuestionamiento, como leyes o decretos. Del mismo modo, es posible añadir en cuales situaciones la justificativa no es válida, o sea, refutar una idea. El calificador, elemento que aparece entre los datos y la conclusión, sirve para indicar la fuerza de la conclusión, generalmente expreso por medio de términos como: necesariamente o posiblemente.

La estrategia didáctica aquí propuesta involucra debate sobre situaciones controversias y fue elaborada acorde con una estructura simplificada de análisis TAP, sustituyéndose los elementos de garantía y apoyo por un elemento nombrado justificativa, como proponen Silva, Scarpa y Trivelato (2013), teniendo en cuenta algunas dificultades encontradas en la construcción del esquema, en un análisis preliminar. Eso puede haber ocurrido por el hecho de realizarse un análisis interpretativo a partir de los textos obtenidos de las transcripciones de los videos, sin la preocupación inicial en completar todos los elementos del TAP, pero haciendo el debate fluir naturalmente entre los actores involucrados.

## Resultados y discusiones

El desarrollo de las actividades propuestas buscó crear un ambiente propicio a la participación activa de los estudiantes y a la práctica de la argumentación en la enseñanza de

ingeniería, cuya motivación para los estudiantes surgió de la oportunidad en elegir temas de sus intereses, como la identificación y representación de los actores involucrados en las situaciones de disputa, conforme las controversias abordadas.

La investigación por informaciones y la construcción de mejores argumentos se hicieron esenciales en la búsqueda por el consenso. Sin embargo, para fines pedagógicos en este trabajo, el establecimiento del consenso no fue considerado tan importante, pues puede ser un proceso muy demorado, si ocurra a lo largo de un semestre lectivo. El debate de ideas fue el aspecto más valorado, pues él puede proporcionar reflexiones y análisis, aprendizaje en escuchar argumentos opuestos y, quizás, cambio de opinión acerca de un tema, lo que puede ocurrir por medio de la persuasión, sin la intensión de manipulación, sino de fornecer informaciones suficientes para la toma de decisiones mejores.

De los siete temas abordados por los equipos en la investigación, uno de ellos es presentado en este artículo para ejemplificar la propuesta didáctica, puesto que no es posible discutir todos ellos aquí, dado el límite de espacio del artículo. El trabajo completo es presentado en la tesis de doctorado defendida por el primer autor.

El tema elegido trata de la implantación de la usina solar de Ivanpah, que está ubicada en el desierto de Mojave, en los EUA, ocupando un área de 16 km<sup>2</sup>, cerca de la frontera entre los estados de California y Nevada. En este caso, la controversia aborda una reflexión que contrasta los impactos positivos y negativos del emprendimiento.

Tres empresas están involucradas en el proyecto, Google, NRG Energy y Bright Source Energy. La usina funciona como un conjunto de 173,5 mil espejos móviles dispersados por una amplia área plana. Todos ellos señalan para un mismo punto, el enfoque, situado en el alto de tres torres con 140 metros de altura. En este punto, canalizaciones de agua son calentadas por la incidencia de luz solar reflejada, produciendo vapor que mueve una turbina y que acciona un generador de energía eléctrica. La usina tiene capacidad para producir cerca de 400 MW de potencia, lo suficiente para abastecer, aproximadamente, 140 mil casas en los EUA. Esto datos fueron levantados por los propios estudiantes.

En el cuadro 1, para ejemplificar el procedimiento de análisis, son presentados los principales argumentos utilizados por el estudiante que representó las empresas en el debate. Además de eso, un análisis fue realizado por los autores de este artículo a la luz de Giddens (2008). Los argumentos fueron obtenidos por medio de la transcripción de la grabación del debate en audio y video, como informado anteriormente. Las transcripciones fueron puestas a los estudiantes para que también pudieran construir los diagramas TAP.

**Cuadro 1 - Principales argumentos de los representantes de las empresas**

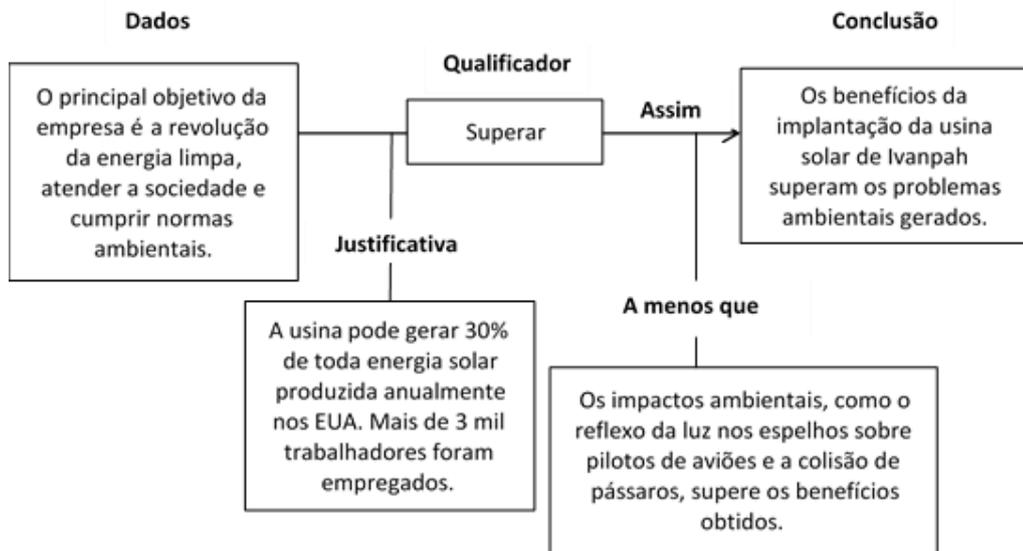
Principales argumentos	Análisis
<p>El principal objetivo es llevar nuestra industria a la revolución de la energía limpia, pues los consumidores quieren eso, las empresas necesitan y nuestro planeta exige, trabajar para minimizar el impacto de la energía convencional, optando por la energía limpia, potencializando en nuestra frota de generación para atender a la sociedad y el cumplimiento de las normas ambientales.</p>	<p>Se nota la preocupación con cuestiones ambientales llevadas por el representante de las empresas, una preocupación cada vez más presente en el mundo contemporáneo, que exige reflexión sobre el impacto de la tecnología en la sociedad.</p>
<p>[...] La usina podrá generar 30% de toda energía solar producida actualmente en los Estados Unidos. Las obras fueron iniciadas en 2010 y empleó cerca de tres mil trabajadores. [...] el grupo tiene como primordial misión corporativa ser el líder ambiental en el área de energía limpia. [...] No nos involucramos para causar una buena impresión en un juego de marketing [...]</p>	<p>En el final de la década de 1980, la idea de desarrollo sostenible empezó a hacer parte de las discusiones gubernamentales y demás sectores de la sociedad. Acorde con Giddens (2008), el desarrollo sostenible es definido como el uso de recursos renovables para promocionar el crecimiento económico, la protección de especies animales y de la biodiversidad y el compromiso en mantener agua, tierra y aire limpios. Esta preocupación está presente en la Misión de la empresa, acorde con el representante.</p>
<p>Con respecto a los impactos ambientales, yo creo que un proyecto de esta escala, ni todo es 100% [...] en fase de testes, hubo una falla con respecto al reflejo de los espejos con los pilotos de aviones [...] y la segunda con respecto a los pájaros se está estudiando [...] (la empresa) está siempre empeñada para mejorar, disminuir este impacto ambiental [...]</p>	<p>El representante destaca la cuestión sobre los impactos ambientales y los riesgos inherentes de un proyecto. Acorde con Giddens (2008), las cuestiones ambientales no están relacionadas exclusivamente a la deterioración del ambiente, sino también a los modos de vida fomentados por la sociedad industrial. Lo que lleva a reflexiones sobre una nueva forma de consumo, preocupada con el impacto ambiental generado, tanto en el proceso de producción cuanto respecto a la basura producida.</p>

Fuente: Elaboración propia

A partir de los argumentos obtenidos, cuyo cuadro 1 presenta una síntesis, fue elaborado por los investigadores un diagrama TAP para mapear el raciocinio lógico utilizado por el representante de las empresas, en defensa del punto de vista de este actor (Figura 2). Además de eso, la figura 3 presenta el esquema construido por el propio estudiante, según el modelo completo TAP, con el objetivo de estimular la elaboración del argumento de apoyo, a pesar de que no exige la identificación de un calificador, puesto que no hubo un momento específico en la investigación para aprendizaje de la construcción del diagrama TAP, pero sólo algunas orientaciones. La complejidad del tema, identificada por la dificultad de los estudiantes de

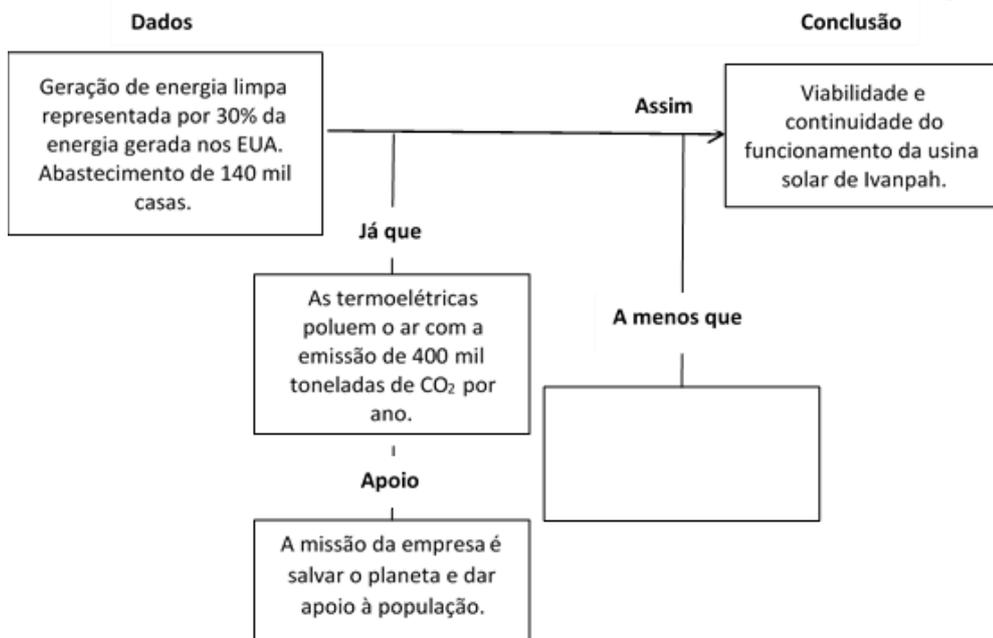
ingeniería en elaborar el diagrama TAP completo, abre oportunidades para elaboración de cursos cortos o talleres para esta finalidad.

**Figura 2 -** Diagrama TAP acorde con los argumentos utilizados por el representante de las empresas



Fuente: Elaboración propia

**Figura 3 -** Diagrama TAP elaborado por el representante de las empresas



Fuente: Elaborado por los estudiantes

Comparándose las figuras 2 y 3, se nota que el representante de las empresas no elabora el argumento de apoyo o la justificativa según las orientaciones e Toulmin (2001), tampoco

reconoce argumentos de refutación en su habla, a pesar de indicar posibles aspectos negativos en el proyecto, en términos de impacto ambiental. El argumento de apoyo podría ser mejor estructurado desde una investigación sobre el informe de impacto que sirve de base para la aprobación del proyecto. La falta de una estructura completa de argumentación fragiliza la conclusión, dando margen a la falsabilidad.

En la estructura propuesta por el representante de las empresas (Figura 3) aparece como argumento de apoyo a la misión de estas empresas involucradas en el proyecto, un documento poco adecuado para esta finalidad, puesto que es elaborado por los propios interesados. El no reconocimiento de argumentos de refutación en su discurso, o su debida valoración, refuerza la concepción de que la visión determinista sobre tecnología todavía está muy presente en las carreras de grado en ingeniería, como afirma Veraszto *et al.* (2013).

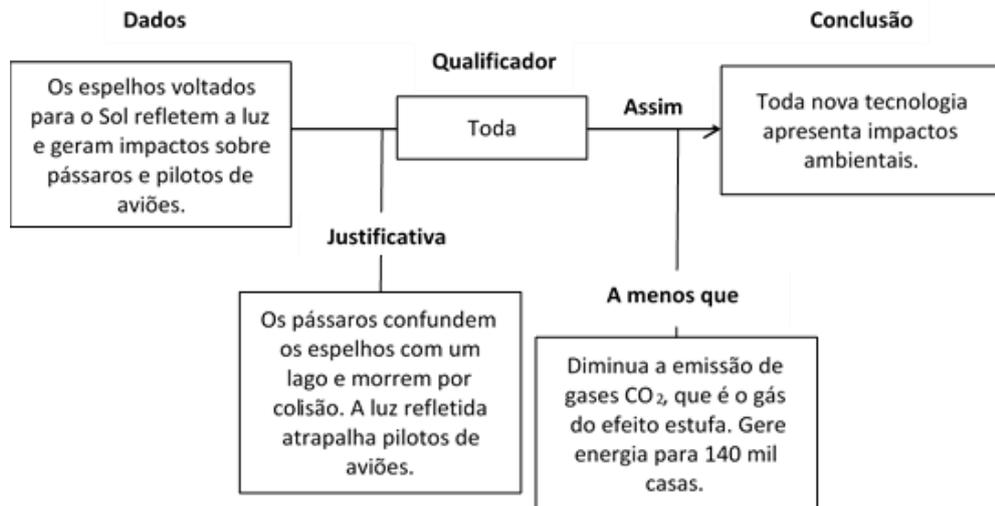
En el cuadro 2 son presentados los principales argumentos que fueron utilizados por el representante de los biólogos y activistas en el debate. Enseguida, en las figuras 4 y 5 son presentados los diagramas TAP, elaborados por los autores y por el estudiante, respectivamente.

**Cuadro 2 - Principales argumentos del representante de los biólogos y activistas.**

Principales argumentos	Análisis
[...] como toda nueva tecnología ella presenta algunos impactos ambientales, ejemplo, hay los pájaros porque como los espejos son direccionados hacia el Sol los rayos reflejados son muy fuertes y cuando el pájaro pasa él cree que es un lago, o sea, ellos se mueren [...] Y también otra desventaja son dos pilotos, en la región, los rayos solares molestan	El representante identifica algunos problemas que esta tecnología implica, aunque Giddens (2008) afirme que la noción de desarrollo sostenible es demasiado amplia, negando las necesidades de los países más pobres, en detrimento de los más ricos. De este modo, cabe reflexionar sobre la posibilidad de implantación de un proyecto de este porte en algunos países pobres.
[...] los efectos de esta empresa son buenos, parece que compensa, porque disminuye la emisión de gases, del CO2, que es el gas del efecto estufa [...] va a distribuir energía para 140 mil casas [...]	El representante de los biólogos y activistas se muestra convencido de los beneficios de las empresas que administran la usina solar, a pesar de algunos impactos ambientales.

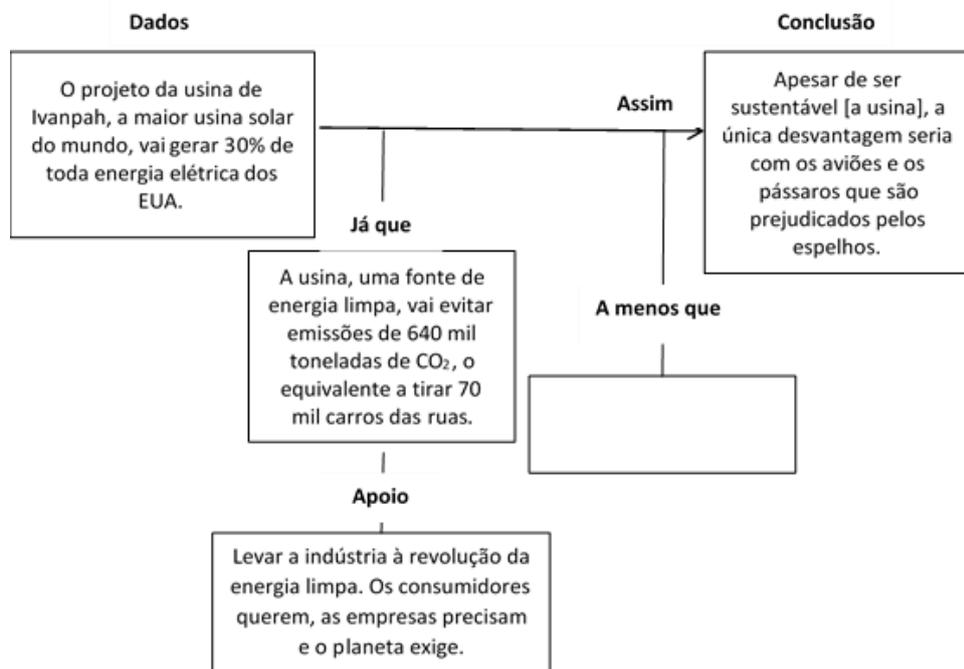
Fuente: Elaboración propia

**Figura 4** - Diagrama TAP acorde con los argumentos utilizados por el representante de los biólogos y activistas



Fuente: Elaboración propia

**Figura 5** - Diagrama TAP elaborado por el representante de los biólogos y activistas



Fuente: Elaborado por los estudiantes

El representante de los biólogos y activistas no aclara que los aspectos negativos presentados, como el hecho de la luz reflejada por los espejos moleste a los pilotos de avión y generen muertes de pájaros, pueden ser argumentos de refutación a la implantación del proyecto. Por esta razón, ellos no fueron incluidos en su esquema TAP (Figura 5). Además de eso, el representante de las empresas, sin embargo, falta elemento más fuerte que pueda

fundamentar este ítem, por exemplo, un informe de impacto ambiental y/o de análisis económico.

Este representante tampoco reconoce el elemento de refutación en su habla, reforzando la concepción de que el pensamiento determinista de la tecnología paira entre los estudiantes de ingeniería, o sea, parece que la tecnología se desarrolla de forma linear, como si no fuera posible interferir en el proceso por medio de tomas de decisión.

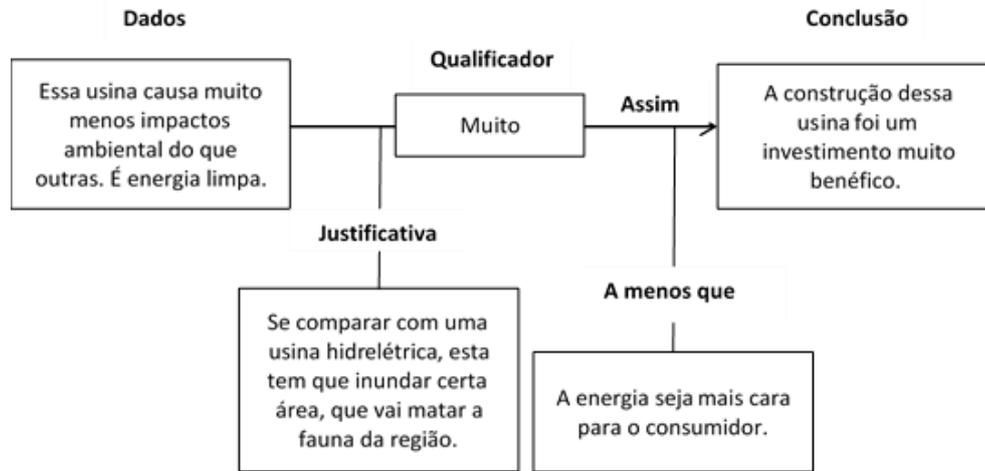
En el cuadro 3, son presentados los principales argumentos utilizados por el representante del gobierno en el debate. Enseguida, en las figuras 6 y 7 son presentados los diagramas TAP elaborados por los autores y por el representante, respectivamente.

**Cuadro 3 - Principales argumentos del representante del gobierno**

Principales argumentos	Análisis
[...] la construcción de la usina fue un investimento muy benéfico, para el estado y para el país [...] es energía limpia, causa mucho menos impacto ambiental si se compara con los demás tipos de obtención de la misma energía, si se compara con una usina hidroeléctrica, hay que inundar cierto área que va a matar la fauna de la región	La innovación científica y tecnológica trae muchos beneficios a la sociedad, como destacado por el representante. Sin embargo, acorde con Giddens (2008), también puede causar muchos problemas e incertidumbres, siendo un reto encontrar el punto de equilibrio entre beneficios potenciales y desastres posibles.
Yo no sabía lo que era el contra (aspectos) para mí todo era favorable.	El representante del gobierno no percibe los aspectos contrarios a la implantación de una tecnología hasta este momento del debate.
Para el consumidor, va a ser una energía un poco más cara.	El alto coste de la energía eléctrica producida por la usina solar, se suma a los demás impactos ambientales. Aspectos que fueron poco a poco siendo reconocidos por el representante, a lo largo del debate.

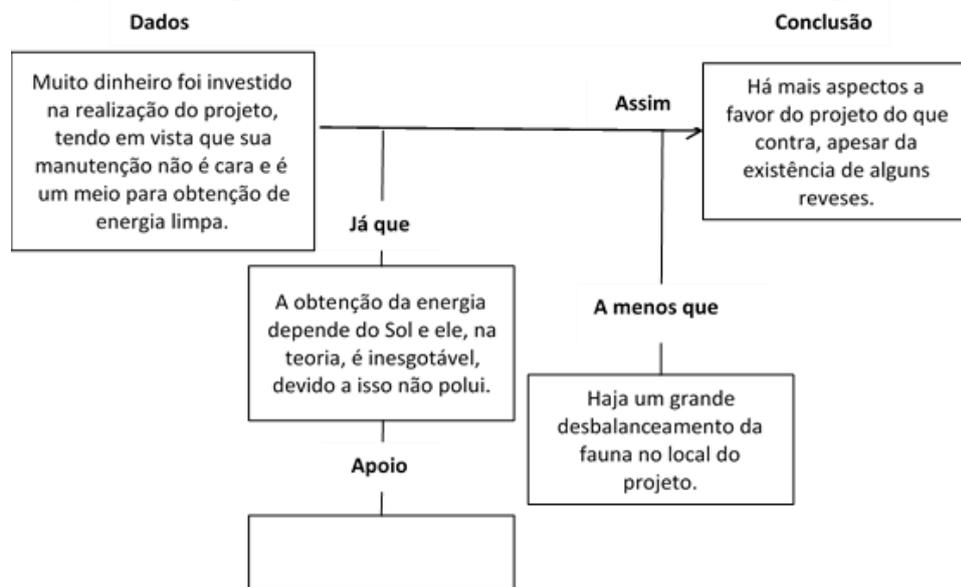
Fuente: Elaboración propia

**Figura 6 - Diagrama TAP acorde con los argumentos utilizados por el representante del gobierno**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 7 - Diagrama TAP elaborado por el representante del gobierno**



Fuente: Elaborado por el estudiante

Así como en los demás diagramas, se nota la fragilidad en la construcción de la argumentación, lo que refuerza la necesidad en trabajar específicamente estos aspectos en el ambiente educacional, direccionado a las discusiones interdisciplinarias en el análisis de proyectos de ingeniería que involucran cuestiones socio técnicas controversias.

Asimismo la propuesta didáctica fue elaborada a lo largo del proceso, cuya síntesis es presentada en el cuadro 4. Cuatro etapas fueron esenciales en la propuesta, una destinada a la dedicación de los estudiantes en actividades extra clase, una para la definición de los grupos y de las cuestiones socio técnicas controversias, una para el levantamiento de las informaciones

necesarias a la construcción de la argumentación para el debate y una para el conocimiento de la estructura argumentativa de Toulmin, teniendo en cuenta la elaboración de mejores propuestas y, consecuentemente, mejorar el convencimiento.

En el caso de la investigación, hubo también la preocupación con la recolecta de datos, con el objetivo de basar la elaboración de la propuesta y posterior difusión del conocimiento.

La idea de este paso a paso no es fornecer una “receta de pastel”, sino señalar un camino posible como lo que se utilizó en la investigación con este grupo de estudiantes de ingeniería y no sólo idealizarlo. Se espera que ella pueda contribuir para fornecer elementos al desarrollo de actividades semejantes, acorde con el contexto local, considerando y respetando las experiencias y trayectorias de los profesionales involucrados en su implantación.

**Cuadro 4 - Síntesis de la propuesta didáctica**

<b>Etapas</b>	<b>Descripción</b>
<b>Dedicación</b>	Esta etapa inicial tiene como objetivo involucrar los estudiantes del grupo, caso la actividad sea propuesta de forma extracurricular, mostrando su importancia para la formación en ingeniería. En ella se presentan las directrices curriculares, con destaque para una visión crítica y reflexiva y las perspectivas profesionales para el mundo contemporáneo, indicando una visión ampliada de la profesión de ingeniero. Además de eso, se busca dar una idea de todas las etapas de propuesta, para que el estudiante pueda evaluar la viabilidad de su participación.
<b>Definición de los grupos y temas sócio técnico controversios.</b>	En esta etapa se busca presentar el significado de lo que sea un tema socio técnico controversio, dando algún ejemplo, como los alimentos transgénicos o la ingeniería nuclear, para que los estudiantes, divididos en grupos, propongan temas de su interese, o sea, relacionados con la carrera de ingeniería en el cual estén vinculados, pudiendo valorizar aspectos regionales. La libertad de elección del tema entre los estudiantes actúa como forma de imbuir responsabilidad al trabajo que será desarrollado. A partir de esta etapa los estudiantes trabajan en grupo de forma activa, pues son los protagonistas de la propuesta.
<b>Levantamiento de informaciones sobre los temas elegidos</b>	En esta etapa los estudiantes buscan identificar los actores involucrados en el tema socio técnico que será analizado. Los estudiantes son orientados para que hagan un levantamiento de informaciones que puedan dar sustentación a los argumentos utilizados por los actores, acorde con los puntos de vista de ellos. Es bueno que se oriente para la obtención de datos como informes, leyes y decretos, o sea, documentos que puedan dar fuerte sustentación al argumento del actor, buscando el convencimiento acerca de la cuestión abordada.
<b>Debate</b>	El debate en el formato de fórum de negociaciones es idealizado para que cada estudiante represente un actor. El ambiente, en la investigación fue organizado de tal modo que los actores fueron identificados por medio de una “placa” sobre la mesa del profesor en un salón de clase común, quedando dispuestos en forma de semicírculo. El debate fue grabado en video para la investigación, pero también para valorizar el habla de los estudiantes y posibilitar la representación de los debates, con todos los grupos participantes, en un

Etapas	Descripción
	<p>momento posterior. Con ello, fue posible rever y evaluar el habla de los actores.</p> <p>Es importante que el profesor ponga atención a los principales argumentos y elementos que puedan surgir de los debates, como ocurrió en la investigación, en que los estudiantes afirmaron que pone en riesgo su posición en la empresa, o aun el empleo, cuando defienden ideas que consideran opuestas al que presumiblemente sirven para defender los intereses de esta empresa, aunque contrariando sus puntos de vista como ciudadanos. Esta etapa es el punto alto de la propuesta siendo que lo más importante no es establecer un consenso, sino crear un ambiente de debate, estimulando la construcción de buenos argumentos y actitud de escuchar ideas convergentes y/o divergentes de forma democrática y respetosa.</p>
<p><b>Esquema de Argumentos de Toulmin</b></p>	<p>Los resultados de la investigación indicaron que los estudiantes presentan muchas dificultades en la construcción de argumentos convincentes y fuertes. De este modo, crear estrategias de aprendizaje utilizando, por ejemplo, el Patrón de Argumentos de Toulmin como referencia puede contribuir en la mejora de los argumentos, volviéndolos menos falsos. Además de eso, con tal estructura, se pueden difundir con mayor coherencia las ideas presentadas en el debate, desde las discusiones generadas acerca de cuestiones socio técnicas controversias.</p>

Fuente: Elaboración propia

### Consideraciones finales

La estructura de debate indicada en este artículo buscó crear un ambiente propicio para la participación activa del estudiante y para la práctica de la argumentación en la enseñanza de ingeniería, con la oportunidad de elección espontánea de los temas, asimismo la formación de los grupos, la identificación y la representación de los actores involucrados en situaciones socio étnicas controversias.

En la investigación, algunos estudiantes presentaron dificultades en argumentos de manera contraria a sus propias convicciones, lo que corrobora con el trabajo de Kolstoe (2000). Se espera que el análisis de tales situaciones en el ambiente académico pueda contribuir para la comprensión, reflexión y, en algunos casos, aceptación del punto de vista de otra persona, teniendo en cuenta un contexto social más amplio.

La fragilidad de la argumentación, en muchos casos, tanto en términos de la estructura lógica como de la base teórica, propicia oportunidades para ampliar y madurar la discusión del proceso, con el fin de contribuir para la superación de las dificultades encontradas, teniendo en cuenta la formación de un profesional de ingeniería mejor preparado, principalmente en términos de su formación humanística, con una visión ampliada de su papel en la sociedad.

Los resultados indican la necesidad de continuidad de estudios y reflexiones sobre cuestiones tecnológicas, visando, principalmente, la elaboración de materiales instruccionales

para mejorar las capacidades de reflexión y argumentación de los estudiantes de ingeniería, obteniendo argumentos más complejos en el análisis de temas controversios y el impacto de proyectos para la sociedad.

En este sentido, una herramienta virtual propuesta por Silva, Moura y Terramatte (2015) puede ser muy útil, pues con ella se busca evitar algunos aspectos presentes en argumentos frágiles, fácilmente falseables, como ausencia de datos, datos irrelevantes o deficientes, suposiciones injustificadas o ambigüedad. Pinto *et al.* (2018) también recomiendan el uso del modelo de argumentos de Toulmin, así como la herramienta virtual LiteMap para visualizar gráficamente la estructura argumentativa utilizada por los actores involucrados en el proceso, así como para facilitar una reflexión sobre tal estructura.

El debate con este formato demuestra tener potencial para una poderosa estrategia didáctica con el objetivo de discutir cuestiones socio éticas entre estudiantes de ingeniería, valorando reflexiones bajo un punto de vista interdisciplinar, en el intento de romper con una visión determinista sobre tecnología, todavía muy presente en la enseñanza de ingeniería. Se espera con eso poder estimular la participación activa del estudiante, fortaleciendo el poder de la argumentación en un debate democrático de ideas, pudiendo incluir teorías que abordan cuestiones sobre el desarrollo científico y tecnológico en la sociedad, además de la construcción argumentativa ensimisma.

Aunque la implantación de esta estrategia en el currículo regular, principalmente en el período nocturno, aun presente grandes retos, por demandar un esfuerzo más respecto a la participación de los estudiantes en las actividades extracurriculares, la asociación del esquema de debate con el diagrama TAP se muestra un instrumento promisor para estructurar la discusión de cuestiones interdisciplinares.

En este sentido, el campo de estudios CTS puede fornecer elementos importantes de análisis, visando estimular los racionios crítico y reflexivo en carreras de ingeniería, o muchos niveles educacionales, considerando el ejercicio de la ciudadanía en una sociedad democrática. Bijker (2017) afirma que, para construir un mundo de forma que las próximas generaciones puedan lidiar con los grandes retos y conflictos que emergen en la sociedad, es necesario invertir en la producción de conocimiento, en las instituciones sociales, en los mecanismos de deliberación democrática, como consejos consultivos, periodismo de alta calidad, diálogos públicos sobre ciencia y tecnología, o sea, es necesaria una sociedad civil fuerte y participativa.

**AGRADECIMIENTOS:** A los estudiantes de ingeniería que participaron del proyecto y a la institución de enseñanza que permitió su desarrollo.

## REFERENCIAS

- ABET. **Criteria for accrediting engineering programs**. Engineering Accreditation Commission, Baltimore, MD, USA, 2014. Disponível em: <http://www.abet.org/wp-content/uploads/2015/05/E001-15-16-EAC-Criteria-03-10-15.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2017.
- BAZZO, W. A. **Ciência, tecnologia e sociedade e o contexto da educação tecnológica**. 2. ed. Florianópolis: Ed. UFSC. 2010.
- BIJKER, W. E. Constructing Worlds: Reflections on Science, Technology and Democracy (and a Plea for Bold Modesty). **Engaging Science, Technology, and Society**, n. 3, p. 315-331, 2017. Disponível em: <https://estsjournal.org/index.php/ests/article/view/170/96>. Acesso em: 13 mar. 2018.
- BRASIL. CNE/CES 11. **Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia**. Brasília: Ministério da Educação, 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES112002.pdf>. Acesso em: 08 fev. 2017.
- FAZENDA, I. C. A. Interdisciplinaridade – transdisciplinaridade: visões culturais e epistemológicas. In: (Org.) **O que é interdisciplinaridade?** São Paulo: Cortez, 2008.
- GIDDENS, A. **Sociologia**. 6. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2008.
- KLINE, R. R. To teach engineering ethics. **IEEE Technology and Society Magazine**. v. 20, n. 4, p. 13-20, 2001. Disponível em: <http://user.das.ufsc.br/~moreno/seguranca/etica/00974503.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2016.
- KOLSTOE, S. D. Consensus projects: teaching science for citizenship. **International Journal of Science Education**, v. 22, n. 6, p. 645 - 664. 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/095006900289714>. Acesso em: 15 out. 2016.
- PEREIRA, L. T. V.; BAZZO, W. A. Introdução à engenharia: conceitos, ferramentas e comportamentos. In: XXXVI COBENGE, 2008, São Paulo - SP. **Anais...** Brasília: ABENGE, 2008. Disponível em: <http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/11/artigos/3351.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2015.
- PEREIRA, L. T. V.; BAZZO, W. A.; LINSINGEN, I. Uma disciplina CTS para os cursos de engenharia. In: XXVIII COBENGE, 2000, Ouro Preto – MG. **Anais...** Brasília: ABENGE, 2000. Disponível em: <http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/19/artigos/466.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2014.
- PEREIRA, V. R. A; HAYASHI, C. R. M. Fóruns de Negociações Simulados no Ensino de Engenharia: Análise de uma estratégia didática. **Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad**, v. 11, n. 33. 2016. Disponível em: <http://www.revistacts.net/volumen-11-numero-33/322-dossier-cts/747-foruns-de-negociacoes-simulados-no-ensino-de-engenharia-analise-de-uma-estrategia-didatica>. Acesso em: 22 set. 2016.
- PINTO, S. M. C. *et al.* Argumentação de estudantes da educação básica sobre dilemas sócio-científicos no projeto ENGAGE. **RIAEE – Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v. 13, n. 1, p. 207-228, 2018. Disponível em:

<https://periodicos.fclar.unesp.br/iberoamericana/article/download/10242/7155>. Acesso em: 12 abr. 2018.

SILVA, N.; MOURA, J.; TERRAMATTE, P. ARG: a virtual tool for teaching argumentation theory. **CoRR**, p. 207-214, 2015. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/1507.03682v1.pdf>. Acesso em: 03 jan. 2017.

SILVA, R. P. O.; SCARPA, D. L.; TRIVELATO, S. L. F. Proposta de validação de metodologia de análise de argumentos escritos de acordo com o TAP. In: IX ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS – IX ENPEC, 2013, Águas de Lindóia-SP. **Atas... Águas de Lindóia: ABRAPPEC**, 2013, p. 1-8. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R0704-1.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2017.

SOUZA, A. P. A. *et al.* A valorização das competências na formação e na atuação de engenheiros: a visão de estudantes de uma instituição pública. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 34, n. 2, p. 19-30, 2015. Disponível em: <http://www.bibliotekevirtual.org/revistas/ABENGE/v34n02/v34n02a03.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2018.

TOULMIN, S. E. **Os usos do argumento**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

VERASZTO, E. V. *et al.* Concepções de tecnologia de graduandos do Estado de São Paulo e suas implicações educacionais: breve análise a partir de modelagem de equações estruturais. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 19, n. 3, p. 761-779, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v19n3/15.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2016.

### Como referenciar este artigo

PEREIRA, Vágner Ricardo de Araújo.; HAYASHI, Carlos Roberto Massao. Controvérsias sociotécnicas: uma proposta didática para o ensino de engenharia. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v. 14, n. 2, p. 526-542, abr./jun., 2019. E-ISSN: 1982-5587. DOI: 10.21723/riace.v14i2.11374

**Submetido em:** 16/05/2018

**Revisões Requeridas:** 20/07/2018

**Aprovado em:** 29/07/2018