



## UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA ATIVA SALA DE AULA INVERTIDA (FLIPPED CLASSROOM) NO ENSINO DE COMPLEXOS DE METAIS DE TRANSIÇÃO E SUA UTILIZAÇÃO NO SISTEMA PRODUTIVO

*Use of the active flipped classroom methodology in teaching transition metal complexes and their use in the production system*

*Uso de la metodología activa flipped classroom en la enseñanza de complejos de metales de transición y su uso en el sistema productivo*

**Francisco José Mininel<sup>1\*</sup> & Silvana Márcia Ximenes Mininel<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> Universidade Brasil

<sup>1\*</sup> [kmininel17@gmail.com](mailto:kmininel17@gmail.com) <sup>2</sup> [silvana.mininel@ub.edu.br](mailto:silvana.mininel@ub.edu.br)

### ARTIGO INFO.

Recebido: 21.09.2025

Aprovado: 07.04.2026

Disponibilizado: 06.05.2026

**PALAVRAS-CHAVE:** Sala de aula invertida; complexos de metais de transição; setor produtivo.

**KEYWORDS:** Flipped classroom; transition metal complexes; production sector.

**PALABRAS CLAVE:** Aula invertida; complejos de metales de transición; sector productivo.

\*Autor Correspondente: Mininel, F. J.

### RESUMO

Apresentamos uma proposta metodológica para o ensino de Química baseada na Sala de Aula Invertida (SAI), visando superar o modelo tradicional de ensino, que muitas vezes desmotiva os alunos. Exploramos como essa abordagem pode ser aplicada para promover maior autonomia e participação ativa dos estudantes, utilizando recursos digitais e atividades colaborativas. Foram estudados aspectos relacionados aos complexos de metais de transição e sua aplicabilidade no setor produtivo. Relatos de experiência indicam que a metodologia tem potencial para otimizar o tempo em sala, aprofundar o aprendizado e desenvolver competências essenciais para o século XXI, como o pensamento crítico e a resolução de problemas.

### ABSTRACT

We present a methodological proposal for teaching chemistry based on the flipped classroom, aiming to overcome the traditional teaching model, which often demotivates students. We explore how this approach can be applied to promote greater student autonomy and active participation, using digital resources and collaborative activities. Aspects related to transition metal complexes and their applicability in the manufacturing sector were studied. Experience reports indicate that the methodology has the potential to optimize classroom time, deepen learning, and develop essential 21st-century skills, such as critical thinking and problem-solving.

### RESUMEN

Presentamos una propuesta metodológica para la enseñanza de la química basada en la clase invertida, con el objetivo de superar el modelo de enseñanza tradicional, que a menudo desmotiva al alumnado. Exploramos cómo este enfoque puede aplicarse para promover una mayor autonomía y participación activa del alumnado mediante el uso de recursos digitales y actividades colaborativas. Se estudiaron aspectos relacionados con los complejos de metales de transición y su aplicabilidad en el sector manufacturero. Los informes de experiencia indican que la metodología tiene el potencial de optimizar el tiempo de clase, profundizar el aprendizaje y desarrollar habilidades esenciales del siglo XXI, como el pensamiento crítico y la resolución de problemas.

## INTRODUÇÃO

A disciplina de Química é frequentemente percebida por estudantes do ensino médio ou superior como complexa e abstrata, o que pode levar a um aprendizado passivo e mecânico. A abordagem tradicional expositiva, centrada no professor, nem sempre estimula a participação e o engajamento necessários para a compreensão de conceitos fundamentais.

Em contrapartida, as metodologias ativas surgem como alternativas promissoras, colocando o discente no centro do processo de aprendizagem. A sala de aula invertida (SAI), ou *flipped classroom*, destaca-se nesse contexto, ao transferir a etapa de exposição do conteúdo para fora da sala de aula e dedicar o tempo presencial à resolução de exercícios, debates e atividades práticas. Essa mudança estimula a autonomia do estudante e permite que o professor atue como mediador e facilitador, orientando a construção do conhecimento. A SAI considera o uso de tecnologias digitais (TD), colaborando para construção do conhecimento, através de videoaulas, jogos, arquivos de áudio, e outras ferramentas. Com auxílio desses recursos, o professor pode otimizar o tempo em sala de aula e utilizá-lo em atividades interativas, aprofundamentos e discussões sobre o tema abordado (Barseghian, 2011).

Nesse contexto, a metodologia ativa SAI pode ser entendida como uma abordagem pedagógica na qual a aula expositiva passa da dimensão da aprendizagem grupal para a dimensão da aprendizagem individual, transformando o espaço da sala de aula em um ambiente de aprendizagem dinâmico e interativo, no qual o facilitador guia os estudantes na aplicação dos conceitos e na participação criativa destes sobre o assunto (Schmitz, 2016).

Tem-se assim, como problema de pesquisa, compreender em que medida a implementação da metodologia ativa SAI contribui para o desenvolvimento da compreensão conceitual, da autonomia e da capacidade de aplicação prática dos conteúdos relacionados aos complexos de metais de transição no contexto do ensino de Engenharia Química?

## METODOLOGIA

Realizou-se em uma turma do 4º período do curso de Engenharia Química da Universidade Brasil, Campus de Fernandópolis, disciplina de Química Inorgânica. A turma contava com um total de 16 discentes. A temática abordada referia-se aos complexos de metais de transição e sua aplicabilidade no setor produtivo. Para a implementação da metodologia ativa SAI no ensino de Química, sugeriu-se a seguinte estrutura:

(1) Preparação pré-aula: o professor seleciona e disponibiliza materiais digitais sobre o conteúdo a ser estudado, como videoaulas, textos organizadores, *podcasts* ou infográficos. Um roteiro de estudos e questionários prévios foram incluídos para direcionar o aprendizado e avaliar a compreensão inicial dos discentes.

(2) Atividades em sala de aula: com base no estudo prévio, o tempo em sala é dedicado a atividades que aprofundem o conteúdo. Isso pode incluir: (a) Debates e discussões: explorar as concepções prévias dos discentes e desmistificar conceitos errôneos; (b) Resolução de problemas e exercícios: trabalhar em grupos para aplicar a teoria na prática, com o professor circulando para tirar dúvidas; (c) Estudos de caso: analisar situações do cotidiano que envolvam os conceitos químicos relacionados aos complexos de metais de transição.

Também, foram abordados os seguintes assuntos: 1. Introdução aos complexos de coordenação, apresentar os elementos essenciais de um complexo, como o metal central, os ligantes, a esfera de coordenação e o número de coordenação; mencionar a relevância dos complexos em medicina e na tecnologia, citando exemplos como o EDTA e outros; 2.

Nomenclatura e estrutura; Geometria 3. Teorias de ligação; 4. Isomeria em complexos de coordenação: Isomeria geométrica e Isomeria óptica; 5. Propriedades e reatividade; 6. Aplicações práticas. Nesse percurso, a avaliação deve ser contínua e formativa, observando a participação discente, a qualidade da discussão e capacidade de aplicar conhecimento em diversos contextos. Questionários individuais ao final da aula foram utilizados para verificar o aprendizado. A seguir exibe-se o cronograma de atividades enviado por e-mail para discentes, cadastrados previamente para orientá-los (Tabela 1).

**Tabela 1.** Metodologia SAI (Sala de Aula Invertida)

Espaços	Atividade	Duração	Papel discente	Papel professor
Espaço 1 casa	Assistir a videoaula: “Complexos de Metais de Transição”. Autor: João Bosco Paraiso - Química: a Ciência Central. <a href="https://www.youtube.com/watch?v=5thACu9q-gQ&amp;t=456s">https://www.youtube.com/watch?v=5thACu9q-gQ&amp;t=456s</a>	50 min	Assistir a vídeo aula, fazendo anotações que julgar necessárias. Anotar as dúvidas que surgirem	Enviar o endereço eletrônico do vídeo
Espaço 2 sala de aula	O professor deverá dividir a sala em pequenos grupos questionando-os sobre assuntos tratados no vídeo: definir o que são complexos ou compostos de coordenação, destacando a ligação entre um átomo metálico central (um ácido de Lewis) e ligantes (bases de Lewis). Indicar os elementos essenciais de um complexo, como o metal central, os ligantes, a esfera de coordenação e o número de coordenação. Mencionar a relevância dos complexos na natureza e na tecnologia, citando exemplos como a hemoglobina (com ferro), a clorofila (com magnésio) e a vitamina B12 (com cobalto)	50 min.	Discutir sobre o conteúdo do vídeo (aula dialogada) explicando e aprofundando os conceitos abordados	Atuar como mediador do processo, instigando discentes a responderem os questionamentos, esclarecendo dúvidas, introduzindo novos conceitos e registrando as conclusões dos estudantes
Espaço 3 casa	Leitura do material instrucional: “Introdução aos compostos de coordenação” chrome- extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://w ww2.ufjf.br/quimicaead/wp- content/uploads/sites/224/2013/09/QI_Aula4.pdf	60 min	Fazer a leitura do texto do material instrucional, anotando os assuntos principais (técnica do fichamento) e anotando as dúvidas que surgirem	Encaminhar o material aos discentes via e- mail e enviar o endereço do material instrucional para que discentes acessem o conteúdo. Explicitar a técnica de fichamento
Espaço 4 em sala	Incentivar os grupos de discentes para que discutam os principais pontos abordados no texto do material instrucional, definindo novamente o que seriam os complexos de metais de transição, nomenclatura, Número Atômico Efetivo, Classificação Estrutural dos Ligantes, estereoquímica dos compostos de coordenação	50 min	Discutir nos grupos sobre os conceitos abordados no material instrucional e interagir com os demais colegas colocando suas opiniões e os conceitos que aprenderam com a leitura. Indicar pontos de convergência entre a leitura do artigo e o vídeo assistido anteriormente	Atuar como mediador do processo, estimulando o diálogo entre discentes, esclarecendo as dúvidas, introduzindo novos conceitos ou consolidando conceitos anteriormente aprendidos
Espaço 5 sala de aula	Resolver exercícios sobre os complexos de coordenação	50 min	Resolver a situação- problema em grupo e apresentar a solução para a sala	Mediar a atividade, questionando discentes sobre a qualidade do ar e a concentração de poluentes na atmosfera
Espaço 6 sala de aula	Retomada de conceitos e estabelecimento de novos conceitos aprendidos durante a execução das atividades	50 min	Discutir sobre os conceitos aprendidos	Discutir sobre os conceitos aprendidos e verificação da consolidação dos novos conceitos na estrutura cognitiva dos estudantes

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente o professor disponibilizou a videoaula para discentes, os quais assistiram a ela em casa e fizeram as anotações dos principais tópicos abordados e das dúvidas que eventualmente tiveram. Foi disponibilizado também, um fórum de discussões, após a visualização da videoaula, no qual interagiram e discutiram sobre o tema abordado. Ao final da videoaula, o professor deixou uma questão simples, porém instigadora para provocar a discussão sobre sua solução. Nesse momento, utilizaram a comunicação e, ao participar do fórum expondo suas compreensões do conteúdo, também cooperaram.

Esse momento de disponibilização do material para o estudo em casa é de extrema importância, uma vez que, segundo Ausubel (2003), estes materiais se constituem em organizadores prévios, que servem de âncora para a nova aprendizagem e levam ao desenvolvimento de conceitos subsunçores que facilitam a aprendizagem subsequente. Esses organizadores são materiais introdutórios mostrados antes do próprio material a ser aprendido e servem de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber. “Os organizadores prévios são úteis para facilitar a aprendizagem, na medida em que funcionam como “pontes cognitivas” (Moreira & Masini, 2001). Isso porque, para esses autores, os organizadores permitem promover uma moldura ideacional para incorporação e retenção do material.

Assim, a rotina da sala de aula é alterada e norteada a partir do conteúdo estudado previamente pelos discentes em atividades extraclasse, sendo que “em sala, são incentivados a trabalhar colaborativamente entre si e contam com a ajuda do professor para realizar tarefas associadas à resolução de problemas, entre outras” (Oliveira, Araujo, & Veit, 2016).

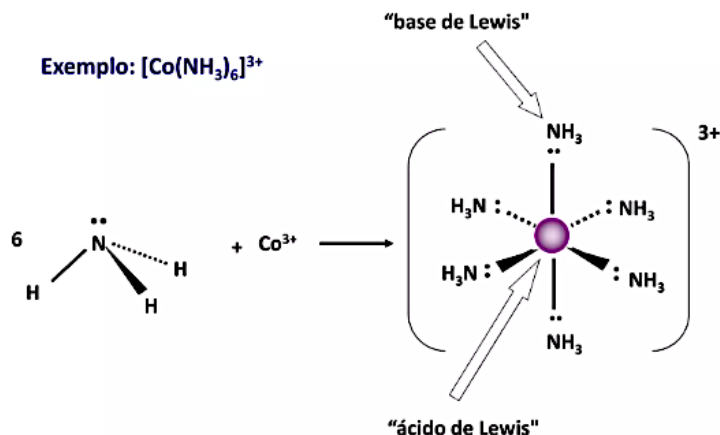
O segundo momento da fase de implementação da metodologia é o momento presencial ou encontro presencial. Nesse encontro, discentes trouxeram e compartilharam os conceitos aprendidos, bem como as dúvidas que tiveram ao assistirem a videoaula. Dessa forma, esse momento foi bastante rico, uma vez que, na interação, o professor pôde esclarecer as dúvidas quanto ao conteúdo da videoaula, de modo que colocassem em prática os conhecimentos adquiridos nos estudos prévios.

A partir do diálogo estabelecido entre professor e discentes, o professor atuando como mediador, pôde fazer uma rápida discussão sobre o conteúdo, com a solução da questão proposta na videoaula e respondendo às perguntas.

Uma das vantagens dessa metodologia é que nesse momento o professor poderá se concentrar em dar assistência aos discentes que possuem maior dificuldade em aprender, como relatam Bergmann e Sams (2016), dado que possuem mais facilidade em aprender conseguem trabalhar de uma forma mais independente e autônoma.

Percebeu-se dificuldade discente quanto ao processo de formação dos complexos de coordenação, justamente porque nesse processo, eles deveriam mobilizar conhecimentos químicos já adquiridos em momentos anteriores (pré-requisitos). Porém verificou-se que alguns conceitos não foram significativamente aprendidos. Então, o professor precisou fazer a recomposição de aprendizagens, buscando novamente a explicação de conhecimentos sobre a teoria das ligações químicas, tais como diferenciação entre ácidos e bases no conceito de Lewis, valências primárias e secundárias, valências dos metais de transição. Para consolidação das aprendizagens, projetou-se slides para visualização do processo (Figura 1).

Figura 1. Formação de um complexo de coordenação (slide apresentado)  
Sidwick 1927 - modelo de ligação



Fonte: <https://pt.slideshare.net/slideshow/complexos-aula-1-1/42627290>.

No terceiro momento, o professor disponibilizou um texto (material instrucional) sobre os conceitos fundamentais dos complexos de metais de transição que visava subsidiar os discentes na construção do conhecimento sobre formação dos complexos, nomenclatura e isomeria. Dessa forma, houve a percepção de que muitos apresentaram dificuldades na construção do conhecimento sobre complexos inorgânicos, nomenclatura e isomeria e que esses surgiam da abstração de conceitos, da necessidade de manipulação espacial tridimensional de moléculas e da falta de ligação com o mundo real, afetando a compreensão de propriedades e reações químicas. A complexidade da formação de íons complexos, a dificuldade em memorizar regras de nomenclatura e a falta de ferramentas visuais para a isomeria espacial também são grandes obstáculos para os estudantes.

Visando superar as dificuldades observadas, o professor utilizou a lousa para exemplificar complexos de metais de transição, bem como a escrita da nomenclatura. Projetou slides sobre o tema, propiciando novamente a visualização do conteúdo (Figura 2).

Figura 2. Nomenclatura dos complexos de coordenação (slide apresentado)  
Nomenclatura de complexos catiônicos e neutros

- ☐ Para determinar o número de oxidação do metal basta somar as cargas internas (ligantes dentro dos colchetes), considerando que os ligantes neutros (moléculas), têm  $n^\circ$  de oxidação = zero.



Nox do cobalto:  $\text{Co} + 2 \text{Cl}^- + 4 \text{NH}_3 = +1$ ;  $\text{Co} - 2 + 0 = +1$ ;  $\text{Co} = +3$



Nox do cobalto:  $\text{Co} + \text{NO}_2^- + 5 \text{NH}_3 = +2$ ;  $\text{Co} - 1 + 0 = +2$ ;  $\text{Co} = +3$



Nox do níquel:  $\text{Ni} + 4 \text{CO} = 0$ ;  $\text{Ni} + 0 = 0$ ;  $\text{Ni} = 0$






Fonte: <https://pt.slideshare.net/slideshow/complexos-aula-1-1/42627290>.

No momento 4, à medida que a aula avançava ia ficando claro que os discentes começavam a entender efetivamente o que seriam os complexos de metais de transição, uma vez que, conseguiam responder corretamente as perguntas sobre conceitos-chave, como o que são

ligantes, número de coordenação, estado de oxidação do metal e a natureza da ligação. Dessa forma ia ocorrendo a diferenciação progressiva dos conceitos. Na teoria de David Ausubel (2003), a diferenciação progressiva de conceitos refere-se à estratégia de apresentar ideias e conceitos de forma mais geral e inclusiva para o mais específico e detalhado, ao longo do processo de aprendizagem. Essa abordagem permite que a estrutura cognitiva discentes seja construída de maneira hierárquica, onde os conceitos mais abrangentes servem de base (subsunoeres) para a compreensão de detalhes e particularidades, promovendo a aprendizagem significativa.

Mas em contrapartida, alguns discentes ainda manifestavam dificuldades principalmente em relação à previsão da geometria de um complexo ou como explicar sua cor e determinar seu estado de oxidação. Assim sendo, novamente foi solicitada a intervenção do professor para esclarecer as dúvidas ainda existentes. Para um entendimento mais efetivo e consolidação das aprendizagens, o professor demonstrou através de slides como eram determinadas as geometrias dos complexos, relacionando-as ao seu número de coordenação (Figura 3).

**Figura 3.** Exemplo de slide apresentado sobre nº de coordenação de complexos de coordenação e geometria

<b>N.C.</b>	<b>Poliedro</b>	<b>Representação</b>
4	tetraedro	
	quadrado planar	
6	octaedro	
	prisma trigonal	
	antiprisma trigonal	

Fonte: [chrome-extension://efaidnbmninnbpcjpcglclefindmkaj/https://www2.ufjf.br/quimicaead/wp-content/uploads/sites/224/2013/09/QI\\_Aula4.pdf](chrome-extension://efaidnbmninnbpcjpcglclefindmkaj/https://www2.ufjf.br/quimicaead/wp-content/uploads/sites/224/2013/09/QI_Aula4.pdf).

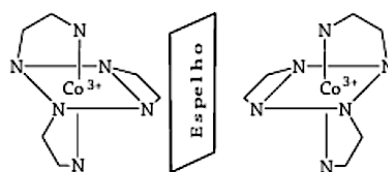
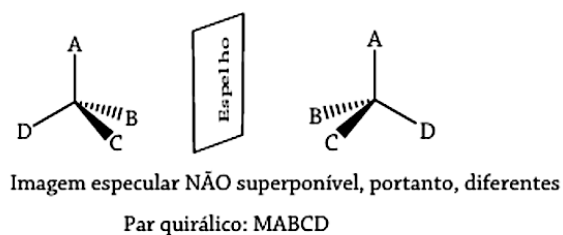
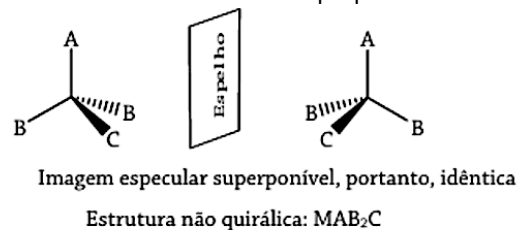
A apresentação dos slides suscitou discussões sobre a geometria dos complexos de metais de transição e que estas dependem do número de coordenação (o número de ligantes ligados ao metal central) e da preferência eletrônica do metal, resultando em geometrias como octaédrica, quadrada plana, tetraédrica, bipirâmide trigonal, ou pirâmide quadrada. Ligantes dentro da esfera de coordenação determinariam o arranjo espacial, com o número de coordenação ditando a estrutura principal, como a octaédrica para seis ligantes ou tetraédrica/quadrada plana para quatro.

As discussões ocorridas nos momentos de sala de aula possibilitaram que o professor estabelecesse uma relação dialógica com os discentes que se traduzia em pensamentos críticos a respeito do conteúdo o qual, em última instância gerava autonomia aos educandos.

Ainda no transcórre da aula, foi necessário retomar conceitos relativos aos enantiômeros, uma vez que alguns discentes questionavam o porquê da enantiomeria nos complexos de metais de transição. Um deles questionou se seria o mesmo efeito que se encontra nos compostos orgânicos. O professor recorre novamente aos slides previamente preparados para dirimir a dúvida do estudante. Assim, o professor explica, exemplificando a partir do slide, que em um complexo tetraédrico, os quatro ligantes ocupam os vértices de um tetraedro

regular, portanto, todas as posições são equivalentes, não existindo assim os isômeros *cis* ou *trans*. Porém existe a possibilidade de um novo tipo de estereoisomerismo denominado enantiomerismo. Duas estruturas que sejam imagens especulares uma da outra, as quais não são idênticas, são chamadas enantiômeros. O enantiomerismo é possível em um complexo tetraédrico que tenha quatro ligantes diferentes ligados ao átomo central (Figura 4).

**Figura 4.** Par enantiomérico - Estruturas não superponíveis à sua imagem especular



Fonte: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www2.ufjf.br/quimicaead/wp-content/uploads/sites/224/2013/09/QI\\_Aula4.pdf](https://www2.ufjf.br/quimicaead/wp-content/uploads/sites/224/2013/09/QI_Aula4.pdf).

Na quinta etapa buscou-se trabalhar em sala com alguns exercícios sobre complexos de metais de transição a fim de avaliar a compreensão dos discentes sobre a formação dos complexos, nomenclatura, isomerismo etc. Portanto, trabalhar com exercícios e situações-problema sobre complexos de metais de transição é essencial para a aprendizagem ativa e aprofundamento do conhecimento em Química Inorgânica. Essa abordagem ajuda a conectar a teoria com a prática, preparando os estudantes para o mundo real e mostrando as vastas aplicações desses compostos em diversas áreas. As situações-problema os desafiam a investigar, levantar hipóteses e propor soluções, indo além da simples reprodução de informações.

O exercício pode ser entendido como uma situação em que discentes dispõem de respostas, utilizando de mecanismos automatizados que levam a solução de forma imediata, através da memorização de regras, fórmulas, equação e algoritmos (Lopes, 1994). O exercício é normalmente utilizado para operacionalizar conceitos, treinar algoritmos e usar técnicas, regras, equações ou leis químicas e para exemplificar. Alguns autores diferenciam exercício e problema através de suas características, como: no exercício existe uma solução e uma única resposta correta, são solucionados e objetivos e usam de técnicas para chegar a uma solução. Em contraposição nos problemas: existe resolução e a melhor resposta possível, são enfrentados e mais subjetivos, exigem o uso de estratégias de resolução (Campos & Nigro, 1999; Lopes, 1994).

Após aplicação de lista de exercícios, apresentou-se também a seguinte situação-problema:

*“Uma empresa de tratamento de água se depara com o problema de remover íons de metal pesado, como mercúrio e chumbo, de uma efluente industrial, pois estes são tóxicos e representam um risco para o meio ambiente e a saúde humana. A solução reside no desenvolvimento de um processo que utilize complexos de metais de transição para precipitar seletivamente esses metais pesados, formando precipitados insolúveis e menos tóxicos que possam ser separados da água, garantindo a segurança do efluente”.*

Discentes analisaram a situação-problema, a qual suscitou bastante discussão entre os grupos. A grande maioria entendeu que o desafio residia no fato de que deveriam se atentar a remoção eficiente de íons de metais pesados (mercúrio, chumbo, etc.) de efluentes industriais contaminados e que a não remoção desses íons poderia causar danos ambientais e problemas de saúde pública, devido à sua toxicidade.

Ficou claro, que deveriam se utilizar da teoria de formação dos complexos metálicos para a solução da situação-problema. Portanto, deveria haver a formação do complexo, onde um íon de metal de transição (como o mercúrio e o chumbo) atuaria como um aceitador de elétrons e reagiria com um ligante apropriado (uma molécula com um par de elétrons doado) para formar um complexo. Notou-se, a partir das interações entre discentes, que a discussão da situação-problema motivava a reflexão, pesquisa e resolução criativa da questão colocada, promovendo a aprendizagem significativa e a autonomia do estudante nos grupos. Nessa perspectiva, o estudo evidenciava a importância da problematização para que efetivamente ocorresse uma real integração teoria-prática. Assim, as situações-problema abertas, são importantes no encaminhamento do processo de aprendizagem uma vez que permitem conhecer as concepções dos estudantes sobre os assuntos abordados, bem como favorecem as relações dialógicas em sala de aula.

Destaca-se, que no processo de busca de referenciais para a resolução, as anotações que os discentes fizeram em casa (extraclasse) e as observações feitas nas aulas teóricas em sala, foram cruciais para a resolução. Os discentes apresentaram soluções corretas e algumas com incorreções que necessitaram de mediação do professor para a compreensão dos conceitos e ajuste das respostas. Foram apresentadas soluções bastante fundamentadas, indicando que realmente houvera compreensão dos conceitos chave sobre complexos de metais de transição. Assim, a título de exemplo, citamos aqui uma resposta que atendia a todos os critérios que o professor esperava na resolução:

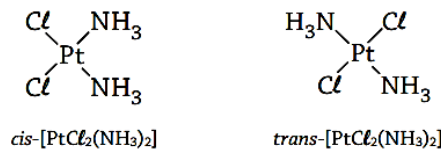
*“Em relação ao processo de precipitação deve ocorrer à formação de um complexo insolúvel que levará a sua precipitação, ou seja, a formação de um sólido que se separa da fase líquida. No processo de remoção, os sólidos precipitados serão então removidos do efluente através de processos de separação, como filtração ou decantação, deixando a água tratada livre dos metais pesados. Isso tem como benefícios a remoção seletiva dos metais pesados tóxicos, tornando a água segura para descarte e cumprindo os regulamentos ambientais”.*

Apesar de a maioria dos discentes ter formulado repostas corretas, alguns ainda demonstravam certa insegurança em relação à utilização de conceitos para a resolução. Esse fato serviu de alerta ao professor, uma vez que, percebeu que alguns apresentavam dificuldades de entendimento e no uso da linguagem científica, relacionadas à interpretação do texto, o que dificultava a compreensão da tarefa. Dessa forma, tiveram dificuldades em escolher a informação principal; não compreenderam o discurso científico nem o pensamento subjacente; dificultando então a exposição de ideias de forma sistemática e organizada. Esse fato evidenciava o fato de que a linguagem científica tem particularidades específicas e

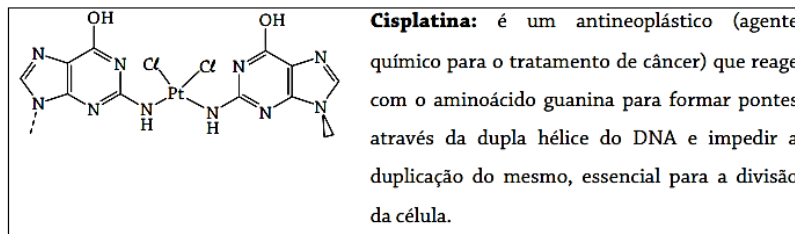
merece, em Educação em Ciência, atenção especial, pois interfere na compreensão de conceitos científicos.

Outro fato de destaque na metodologia utilizada foi o interesse manifestado pelos discentes em relação à aplicabilidade dos metais de transição no setor produtivo. Assim, alguns trouxeram para a discussão em aula complexos de interesse na medicina e no setor produtivo. Foi bastante discutido o caso dos complexos *cis*-platina/*trans*-platina e o processo de isomerismo ocorrido neste composto. A projeção da imagem do composto pelo professor solidificou ainda mais o conhecimento sobre o complexo e o fenômeno da isomeria (Figura 5).

**Figura 5.** Projeção dos complexos *cis*-platina e *trans*-platina



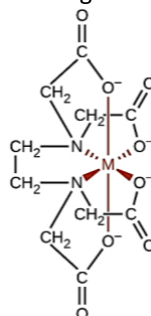
Embora estes dois isômeros sejam semelhantes em algumas propriedades, eles diferem significativamente em outras. O isômero *cis*, por exemplo, é utilizado no tratamento de alguns tumores cancerígenos. Por outro lado, o isômero *trans* não apresenta efeitos terapêuticos.



Fonte: [chrome-extension://efaidnbmninnibpcjgkclefindmkaj/https://www2.ufjf.br/quimicaead/wp-content/uploads/sites/224/2013/09/QI\\_Aula4.pdf](https://www2.ufjf.br/quimicaead/wp-content/uploads/sites/224/2013/09/QI_Aula4.pdf).

Diferentes grupos de discentes trouxeram anotações sobre a aplicabilidade dos metais de transição, como por exemplo, os complexos de metais de transição formados por ródio e paládio, que são amplamente utilizados como catalisadores na indústria química. Outras aplicações industriais incluem medicina (cita-se, complexos de cobalto, como na vitamina B12), eletrônica, matérias magnéticas e na produção de ligas metálicas. Os complexos de metais de transição também são cruciais para o desenvolvimento de tecnologias de energia, especialmente com a procura por metais como o cobalto e níquel, utilizados em baterias. Agentes complexantes são frequentemente utilizados para amaciar água, pois retêm íons como  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Fe}^{2+}$ , que tornam a água dura. Muitos íons metálicos também são indesejáveis em produtos alimentícios, pois podem catalisar reações que alteram a cor dos alimentos. O ligante (EDTA) também é usado para sequestrar íons metálicos na produção de papel, têxteis e detergentes, além de ter usos farmacêuticos (Figura 6).

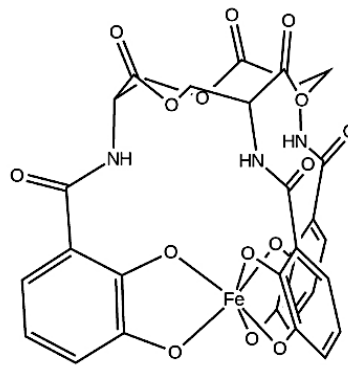
**Figura 6.** Ligante EDTA



Fonte: [info@libretexts.org](mailto:info@libretexts.org)

Um dos discentes traz de suas pesquisas em casa, o caso do ligante polidentado, denominado enterobactina, que é isolada de certas bactérias. O composto é usado para formar complexos de ferro e, assim, controlar o acúmulo severo de ferro encontrado em pacientes que sofrem de doenças do sangue, como a anemia de Cooley, que requerem transfusões frequentes. À medida que o sangue transfundido se decompõe, os processos metabólicos usuais que removem o ferro são sobrecarregados, e o excesso de ferro pode atingir níveis fatais. A enterobactina forma um complexo solúvel em água com o excesso de ferro, e o corpo pode eliminar esse complexo com segurança (Figura 7).

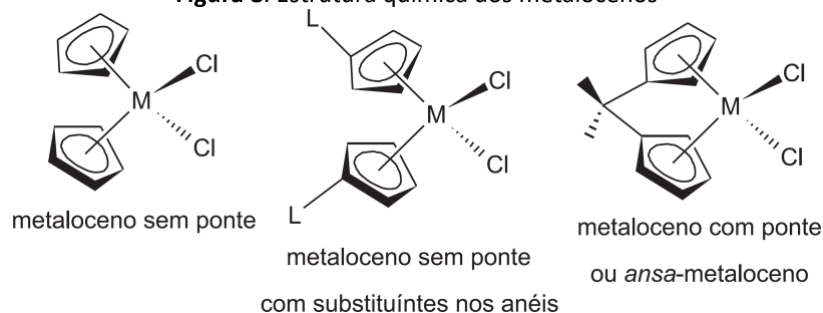
**Figura 7.** Formação do complexo enterobactina e ferro



Fonte: <https://pressbooks-dev.oer.hawaii.edu/chemistry/chapter/coordination-chemistry-of-transition-metals/>

Outro discente trouxe informações sobre utilização de metallocenos na indústria (Figura 8). Os metallocenos são cruciais para a indústria de polímeros, atuando como catalisadores na polimerização de olefinas, como etileno e propileno, gerando poliolefinas com propriedades seletivas e alto controle sobre a microestrutura do polímero. A sua importância reside na capacidade de sintetizar polímeros com propriedades personalizadas, como diferentes tipos de polipropileno, e de criar copolímeros e terpolímeros, possibilitando a produção de novos materiais com desempenho aprimorado para diversas aplicações industriais.

**Figura 8.** Estrutura química dos metallocenos



Fonte: <https://www.scielo.br/j/gn/a/q5CRvkZ3c84MMHjNvDxm96j/abstract/?format=html&lang=pt>

No sexto momento (Aula 6), foram retomados os conceitos através de construção coletiva de um mapa conceitual utilizando o CANVA®. Nesse processo, o professor atuava como mediador e os discentes iam dando as informações necessárias à construção do mapa. O mapa conceitual é uma estratégia de ensino e aprendizagem que utiliza um diagrama para organizar visualmente ideias e conceitos, focando em sua interconexão e hierarquia para promover a aprendizagem significativa e o pensamento crítico. Essa ferramenta é eficaz para auxiliar na compreensão de temas complexos, identificando lacunas no conhecimento dos discentes e serve como um recurso avaliativo, permitindo observar a construção do conhecimento ao longo do processo educativo.

Ausubel sustenta a ideia de que cada disciplina acadêmica tem uma estrutura articulada e hierarquicamente organizada de conceitos, o que constitui o sistema de informações dessa disciplina. Ele sugere a utilização de mapas conceituais para refletir a organização de uma disciplina ou parte de uma disciplina. Corroborando com essa ideia, Moreira e Masini (2001) e Belluzzo (2007) reafirmam que os mapas conceituais são representações de relação entre conceitos, por meio dos diagramas bidimensionais, mostrando as relações hierárquicas entre conceitos que ligam problemas a serem resolvidos de uma disciplina, e cuja existência deriva da própria estrutura da disciplina. O mapa conceitual deve ser claro e completo, porém não dispensa explicações. Dessa forma, a construção do mapa foi importante, uma vez que, permitiu ao professor, observar os equívocos conceituais que os discentes ainda podiam ter, possibilitando a correção e a ressignificação dos saberes.

A partir da aplicação da metodologia ativa SAI no estudo de complexos de metais de transição, ficou claro que ao inverter o processo ambiente extraclasse-sala de aula, o discente ao entrar em contato prévio com o conteúdo, ele tem tempo para pensar, refletir e tirar conclusões e interrogações que servirão de base para as atividades de sala. “Assim o professor está estimulando o desenvolvimento tanto da capacidade de reflexão quanto da habilidade de elaboração de perguntas” (Oliveira et al., 2016). Assim, cria-se uma atividade que promove, ao mesmo tempo, a autonomia discente e engajamento nos estudos.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia ativa Sala de Aula Invertida (SAI) representa uma alternativa viável e eficaz para a inovação no ensino de Química. Ao promover um ambiente de aprendizado mais dinâmico e interativo, a metodologia possibilitou que os discentes desenvolvessem uma relação mais significativa com a disciplina. A utilização de recursos tecnológicos e a reconfiguração do tempo pedagógico permitiu que o professor atuasse de forma mediadora, enquanto discentes construíam ativamente seu próprio conhecimento. Assim, este estudo evidenciou que a SAI é uma estratégia poderosa para tornar o ensino de Química mais relevante e engajador.

### REFERÊNCIAS

- Ausubel, D. P. (2003). Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. *Plátano*.
- Barseghian, T. (2011). Three trends that define the future of teaching and learning. Recuperado de <https://www.kqed.org/mindshift/7854/three-trends-that-define-the-future-of-teaching-and-learning>
- Belluzzo, R. C. B. (2007). Construção de mapas: desenvolvendo competências em informação e comunicação (2ª ed.). *Cá entre nós*.
- Bergmann, J. & Sams, A. (2016). Sala de aula invertida: uma metodologia ativa de aprendizagem. *LTC*. <https://doi.org/10.1590/1983-21172017190129>
- Campos, M. C. C. & Nigro, R. G. (1999). Didática de ciências: o ensino-aprendizagem como investigação. *FTD*.
- Lopes, J. B. (1994). Resolução de problemas em física e química: Modelo para estratégias de ensino-aprendizagem. *Texto Editora*.
- Moreira, M. A. & Masini, E. F. S. (2001). Aprendizagem significativa: A teoria de David Ausubel. *Centauro*.
- Oliveira, T. E., Araujo, I. S., & Veit, E. A. (2016). Sala de aula invertida (flipped classroom): inovando as aulas de física. *Física na Escola*, 14. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/311741709>
- Schmitz, E. X. (2016). Sala de aula invertida: uma abordagem para combinar metodologias ativas e engajar alunos no processo de ensino-aprendizagem. Recuperado de <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/12043>