



## A METODOLOGIA ATIVA POGIL PARA A COMPREENSÃO CONCEITUAL DO EQUILÍBRIO QUÍMICO NO ENSINO MÉDIO

## THE ACTIVE METHODOLOGY POGIL FOR THE CONCEPTUAL UNDERSTANDING OF CHEMICAL EQUILIBRIUM IN HIGH SCHOOL

## LA METODOLOGÍA ACTIVA POGIL PARA EL ENTENDIMIENTO CONCEPTUAL DEL EQUILIBRIO QUÍMICO EN LA ENSEÑANZA SECUNDARIA

Luiz Fernando Pereira\*, Marcia Teixeira Barroso\*\*,

Fernando José Volpi Eusébio de Oliveira\*\*\*

Cómo citar este artículo: Pereira, L. F.; Barroso, M. T.; Oliveira, F. J. V. E. (2021). A metodologia ativa POGIL para a compreensão conceitual do equilíbrio químico no ensino médio. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 16(2), 294-311. DOI: <https://doi.org/10.14483/23464712.16246>

### Resumo

O equilíbrio químico é aludido pela literatura como um dos temas mais difíceis de ser abordado no ensino médio. As dificuldades inerentes à compreensão conceitual do equilíbrio químico têm sido objeto de investigação de diversos pesquisadores, nos mais variados contextos. Analisamos aqui os resultados de uma intervenção pedagógica fundamentada na metodologia ativa de ensino POGIL – Process Oriented Guided Inquiry Learning e o seu impacto na construção de conceitos científicos relacionados ao equilíbrio químico, com ênfase nos aspectos dinâmicos e reacionais. A intervenção, caracterizada como pesquisa qualitativa, foi realizada com estudantes de uma escola estadual pública do Brasil e mediada por um aluno de mestrado profissional. Utilizou-se como método de coleta de dados a observação participante e como método de análise de dados a análise de conteúdo. Os resultados foram avaliados por meio da triangulação de dados entre os instrumentos de coleta da pesquisa: atividades POGIL, avaliação de aprendizagem, questionários e notas de campo. Analisamos na perspectiva do sócio interacionismo e constatamos que os estudantes se tornaram mais participativos durante a aplicação da metodologia POGIL, e em sua maioria foram capazes de melhorar a compreensão dos conceitos científicos relacionados a uma reação química no estado de equilíbrio.

**Palavras Chave:** POGIL. Equilíbrio Químico. Metodologia de ensino. Ensino de química. Sociointeracionismo.

Recibido: 30 de noviembre de 2020; aprobado: 09 de abril de 2021

\* Mestre em Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil. E-mail: luizfernandoifrn@hotmail.com – ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2247-3717>

\*\* Docente da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil. E-Mail: barrosomarcia1996@yahoo.com.br – ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9716-7015>

\*\*\* Docente da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil. E-Mail: fvolpi.iqufrn@gmail.com – ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2811-8433>

## Abstract

Chemical equilibrium is alluded to in the literature as one of the most difficult topics to be taught in High School. The inherent nature of the conceptual understanding of the chemical equilibrium has been the focus of the investigation by several researchers, in a wide variety of contexts. We analyzed the results of a pedagogical intervention based on the active teaching methodology POGIL - Process Oriented Guided Inquiry Learning - and its impact on the construction of scientific concepts related to chemical equilibrium, with emphasis on dynamic and reaction aspects. The intervention, characterized as qualitative research, was carried out with students from a public state school in Brazil and mediated by a professional master's student. Participant observation was used as a data collection method and content analysis as an interpretative data analysis method. The results were evaluated through data triangulation among the research collection instruments: POGIL activities, pedagogical tests learning assessment, questionnaires, and field notes. We analyzed it from the perspective of socio-interactionism and found that students became more participative during the application of the POGIL methodology, and most of them were able to improve their understanding of the scientific concepts related to a chemical reaction in the equilibrium state.

**Keywords:** POGIL. Chemical Equilibrium. Teaching methodology. Chemistry teaching. Socio-interacionism.

## Resumen

El equilibrio químico se menciona en la literatura como uno de los temas más difíciles de ser comprendidos en la educación media. Las dificultades inherentes a la comprensión conceptual del equilibrio químico han sido objeto de investigación por parte de varios investigadores, en los contextos más variados. Analizamos los resultados de una intervención pedagógica basada en la metodología de enseñanza activa POGIL: Process Oriented Guided Inquiry Learning y su impacto en la construcción de conceptos científicos relacionados con el equilibrio químico, con énfasis en aspectos dinámicos y de reacción. La intervención, caracterizada como investigación cualitativa, se llevó a cabo con estudiantes de una escuela pública estatal en Brasil y fue mediada por un estudiante de maestría profesional. Como método de toma de datos se utilizó la observación participante y como método de análisis de datos acudimos al análisis de contenido. Los resultados se evaluaron mediante triangulación de datos entre los diversos instrumentos utilizados: actividades POGIL, evaluación del aprendizaje, cuestionarios y notas de campo. Lo analizamos desde la perspectiva del socio interaccionismo y encontramos que los estudiantes se volvieron más participativos durante la aplicación de la metodología POGIL, y la mayoría de ellos mejoraron su comprensión de los conceptos científicos relacionados con una reacción química en estado de equilibrio.

**Palabras clave:** POGIL. Equilibrio Químico. Metodología de enseñanza. Enseñanza de la Química. Socio interaccionismo.

## 1. Introdução

O equilíbrio químico (EQ) é um tema importante para o estudo da química e apresenta transversalidade com outros de igual importância, tais como reações químicas e a termoquímica. Mas, o que as pesquisas em ensino de química têm apresentado é que o EQ é um tema complexo para o processo de ensino/aprendizagem, provavelmente pelo seu caráter abstrato, o que traz dificuldades de entendimento, sendo assim classificado como o conceito mais difícil para os estudantes compreenderem (HUDDLE, WHITE, 2000). Assim, o ensino do EQ é um grande desafio para professores de química (EILKS, GULACAR, 2016).

De fato, o desinteresse demonstrado pelos estudantes quando o tema é apresentado em sala de aula, bem como os resultados insatisfatórios em avaliações, atestam as dificuldades intrínsecas ao EQ. Ghirardi et al. (2015) citam aspectos que foram revisados também por vários autores e sintetizam as principais dificuldades conceituais e entendimentos equivocados dos estudantes referentes ao EQ. Dentre esses, os autores destacam: o fato de os estudantes não conseguirem diferenciar transformações químicas completas das incompletas; o entendimento de que a reação inversa inicia-se apenas quando a reação direta termina; dificuldade em compreender a natureza dinâmica do equilíbrio; e ainda dificuldades no entendimento de que reagentes e produtos coexistem no mesmo meio reacional. Martínez-Grau, Solaz-Portolés e Sanjosé (2014) afirmam que os erros conceituais dos estudantes estão relacionados: ao conceito de equilíbrio químico; a interpretação da dupla seta da equação química; ao efeito de perturbações no estado de equilíbrio; e por fim, ao uso de catalisador.

Muitas são, portanto, as dificuldades relacionadas

ao entendimento do EQ. Dentre essas, as que têm sido mais reportadas relacionam-se à dificuldade em compreender que, no EQ, a reação química continua a ocorrer, com reagentes formando produtos, e produtos decompondo-se em reagentes, com taxas de desenvolvimento iguais e concentrações constantes (aspecto dinâmico do equilíbrio); e à falta de entendimento de que reagentes e produtos coexistem no mesmo meio reacional.

Importante destacar que além das dificuldades relacionadas ao EQ, muito se tem pesquisado sobre o que tem ocasionado esses problemas para o entendimento de alguns aspectos desse tema. A maioria dos obstáculos aparecem relacionados a forma como o conteúdo tem sido ministrado em sala de aula. A ênfase em aspectos quantitativos (MACHADO, ARAGÃO, 1996; DAVENPORT et al. 2014), o uso incorreto de analogias (EILKS, GULACAR, 2016), além de aulas expositivas em que o estudante assume uma postura passiva (RAVILOLO, MARTÍNEZ AZNAR, 2003), são fatores que aparecem diretamente ligados aos problemas relacionados a compreensão do EQ.

Nesse sentido, acreditamos que o uso de metodologias ativas que valorizem a autonomia dos estudantes, estimulem atividades colaborativas e estructurem as atividades em níveis crescentes de complexidade, podem contribuir para potencializar a compreensão dos aspectos conceituais do EQ. Essas metodologias têm se mostrado eficientes, aumentando o sucesso dos estudantes, inclusive na graduação (ATKINSON et al; 2020). Assim, o objetivo desse artigo é aprofundar a discussão de resultados da metodologia ativa POGIL (livre tradução para Processo de Aprendizagem Orientado por Investigação Guiada), que foi utilizada para o desenvolvimento do tema EQ no ensino médio, direcionando-se aqui para o processo de formação de conceitos relacionados ao

tema. Os dados desse trabalho emergiram de uma investigação para dissertação de mestrado profissional, que buscou responder a seguinte questão foco: Aspectos qualitativos do tema equilíbrio químico podem ser melhor compreendidos com o uso da metodologia ativa de ensino POGIL? Na pesquisa investigou-se o entendimento de uma amostra de estudantes sobre a dinamicidade e os aspectos reacionais do EQ, tendo em vista que estes tendem a interpretar que, no EQ, a reação para de ocorrer, e ainda que reagentes e produtos estão em sistemas separados (MACHADO, ARAGÃO, 1996).

## 2. Fundamentação Teórica

### 2.1. Metodologias Ativas no Ensino de Química

Uma das atribuições típicas da docência é avaliar os níveis de aprendizagem dos estudantes. No modelo de aulas expositivas em que a transmissão de conteúdo é a única forma utilizada, geralmente essa avaliação ocorre ao final do estudo de uma unidade. Nesse modelo ocorre pouca observação do processo de apropriação do conhecimento, limitando-se às notas de provas, não restando tempo para diagnósticos e encaminhamentos específicos dentro do desenvolvimento da unidade temática. Esse formato de ensino também não oportuniza ao docente considerar a grande heterogeneidade de vivências sociais, culturais, econômicas, ambientais, políticas e tecnológicas dos estudantes.

Nesta perspectiva, é possível inferir que um ensino superficial e homogêneo, que não leva em consideração as especificidades dos estudantes e não os estimula a serem ativos, críticos, reflexivos, e transformadores da sua realidade, é insuficiente. Sendo, portanto, incapaz de oportunizar níveis de aprendizagem e desenvolvimento cognitivo satisfatórios. “É preciso superar o ensino superficial e descontextualizado e colocar em prática uma ação pedagógica que mobilize e propicie a construção de conhecimentos, mediante a participação ativa do aluno” (PASQUARELLI, OLIVEIRA, 2017, p. 189). É justamente nesse contexto, em que se busca colocar o estudante como protagonista do seu processo de aprendizagem (sujeito ativo), valorizando suas

vivências e sua participação, que surgem as metodologias ativas. Valente (2018) conceitua metodologias ativas como sendo: “alternativas pedagógicas que colocam o foco do processo de ensino e de aprendizagem no aprendiz, envolvendo-o na aprendizagem por descoberta, investigação ou resolução de problemas” (VALENTE, 2018, p. 27). Adicionalmente, o autor afirma que essa proposta de ensino não é nova, mas que há uma tendência cada vez maior para a utilização nos processos de ensino e aprendizagem, considerando a disponibilidade de informações nos meios digitais e as facilidades tecnológicas.

No início da década de 90, Bonwell e Eison já apresentavam características gerais das metodologias ativas. Segundo estes autores, na aprendizagem ativa os estudantes estão mais envolvidos no processo de aprendizagem do que ouvindo, e é dada mais ênfase ao desenvolvimento de habilidades, tais como: análise, síntese e avaliação do que na transmissão de informações. Ainda segundo os autores, os estudantes realizam atividades que envolvem leitura, discussão, redação e a exploração de suas próprias atitudes e valores (BONWELL, EISON, 1991).

Um outro fator que provavelmente estimula o uso das metodologias ativas, são os resultados de pesquisas que mostram as suas potencialidades: “Muitas evidências mostram que as instruções que envolvem ativamente os alunos com materiais de aprendizagem são mais eficazes do que as instruções tradicionais, centradas em palestras” (RAU et al. 2017, p. 1406, tradução nossa).

A Figura 1. apresenta um panorama dessas metodologias. Padronizamos as nomenclaturas em inglês, considerando que algumas são utilizadas sem tradução.

Essas metodologias possuem aspectos específicos que as diferenciam, e também apresentam muitos pontos de convergência, sendo o principal deles o fato de colocar o foco da aprendizagem no estudante, motivando-o a participar ativamente do processo de construção do conhecimento, o que é considerado potencialmente relevante para o ensino. Assim: “Os melhores resultados de aprendizagem

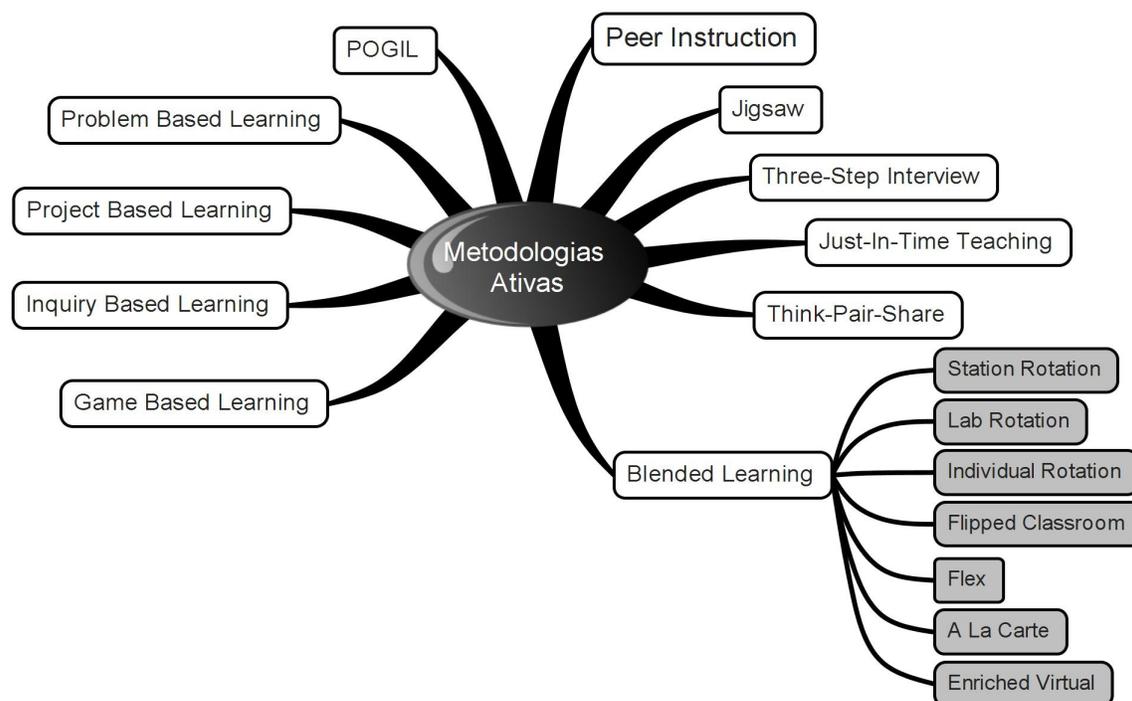


Figura 1. Exemplos de metodologias ativas. Fonte: autoria própria

raramente são alcançados sem incentivar o aluno e, nesse sentido, métodos ativos de ensino e aprendizagem têm se mostrado úteis” (ELBAHRI et al. 2018, p. 1966, tradução nossa).

As metodologias ativas, em suas diversas abordagens, parecem ganhar cada vez mais espaço nos ambientes educacionais. Sobretudo por proporcionarem situações de aprendizagem em que os estudantes atuem colaborativamente; investiguem, analisem, discutam e proponham soluções para determinados problemas; utilizem diversos recursos tecnológicos; desenvolvam e executem projetos; sejam curiosos, engajados, criativos, autônomos, críticos e reflexivos; e por possibilitar aos educadores se reinventarem; desenvolverem estratégias de ensino em que atuem como mediadores e não como detentores do conhecimento, ressignificando a sua prática docente. “... ao considerar a ação de instigar o estudante a ser autor do próprio desenvolvimento dos processos de ensinagem em sala de aula, o professor deixa de ser o cerne e passa a ser um facilitador/mediador do acréscimo destes

processos” (BEDIN, DEL PINO, 2018, p. 340). Nesse artigo apresentamos a aplicação do POGIL, que é uma metodologia ativa com componentes específicos em relação a outras metodologias, tais como a estrutura das atividades e os papéis que são atribuídos ao professor e aos estudantes. Discute-se como a implementação do POGIL em uma turma de estudantes do ensino médio impactou na compreensão de aspectos conceituais relacionados a compreensão do EQ.

## 2.2. Processo de Aprendizagem Orientado por Investigação Guiada (POGIL)

O POGIL é uma metodologia com características colaborativas, fundamentada no socioconstrutivismo, que foi desenvolvida na década de 90 para aulas de Química (CHASE, PAKHIRA, STAINS, 2013), com o intuito de substituir a transmissão de conteúdo em sala de aula, de modo a envolver o estudante na discussão sobre o que se está estudando (EBERLEIN et al. 2008). Quando foi instituído pela primeira vez

em Stony Brook, em 1994, o objetivo do POGIL foi substituir as abordagens tradicionais em sala de aula por oficinas estruturadas com a metodologia (HANSON, 2006).

O POGIL possui objetivos e componentes específicos que o diferencia de outras metodologias ativas. Sobre os objetivos, segundo Moog e Spencer (2008), busca-se que os estudantes dominem o conteúdo construindo seu próprio entendimento, desenvolvendo e melhorando habilidades importantes (processamento de informações, comunicação oral e escrita, pensamento crítico, resolução de problemas, metacognição e avaliação). Com relação aos componentes, ainda segundo os autores, os essenciais são: engajamento ativo dos estudantes divididos em grupos, atividades de pesquisa guiada, baseadas em um ciclo de aprendizagem, e a ênfase no desenvolvimento de habilidades específicas. Segundo Hanson (2006) o POGIL é construído baseado na ideia de que os estudantes, em sua maioria, apresentam uma melhor aprendizagem quando: engajados ativamente na sala de aula e no laboratório; analisam dados, modelos ou exemplos, discutem ideias, e assim tiram conclusões; trabalham colaborativamente em equipes que se gerenciam de forma autônoma com o intuito de entender conceitos e resolver problemas; refletem sobre o que foi aprendido e como melhorar o desempenho; e interagem com o instrutor atuando como facilitador da aprendizagem.

Stanford et al. (2016) afirmam que não há uma única forma correta de implementar o POGIL. Entretanto há quatro características fundamentais para que uma implementação seja assim caracterizada. A primeira refere-se aos estudantes que trabalham colaborativamente em grupos de 3 ou 4 componentes; em segundo lugar, as atividades são projetadas especificamente para a implementação do POGIL e seguindo um ciclo de aprendizagem; outra característica básica é o trabalho dos estudantes ocorrer durante o horário regular de aula com a presença do professor; a quarta característica refere-se ao papel do professor que atua como facilitador e não como um expositor. É reconhecível nessas considerações,

que o POGIL possui semelhanças com outras metodologias ativas. Porém, algumas particularidades o diferenciam de outras abordagens, como por exemplo e principalmente, a estrutura das atividades e os papéis que são atribuídos a estudantes e docente. Faz-se conveniente, portanto, discorrermos sobre essas particularidades.

Com relação as atividades a serem aplicadas, Moog e Spencer (2008) dissertam que estas são especialmente projetadas, seguindo geralmente um ciclo de aprendizagem (que se estrutura em fases de exploração, criação e aplicação de conceito). As atividades apresentam três principais características: serem utilizadas em equipes que se gerenciam de forma autônoma, com a presença do professor como facilitador; orientam os estudantes a construir o entendimento por meio da exploração; e por fim, utilizam o conteúdo disciplinar para o desenvolvimento de habilidades. Sobre o ciclo de aprendizagem, Eberlein et al. (2008) esclarecem que na primeira fase (fase de exploração) os estudantes são incentivados a examinar um modelo (que consiste em uma combinação de figuras, tabelas, equações, gráficos, ou outras informações), identificando significados, testando hipóteses, pesquisando e explicando padrões. Na segunda fase, as relações e conceitos emergem baseados nas informações extraídas do modelo, possibilitando aos estudantes um desenvolvimento mais completo do conceito. Por fim, na fase de aplicação de conceito, os estudantes estendem e aplicam o conceito a novas situações, aumentando assim a sua compreensão (EBERLEIN et al; 2008). Ainda sobre este ciclo de aprendizagem, é importante sublinhar que se estrutura na proposição de Karplus (Figura 2), que o fundamenta na teoria cognitivista de Piaget, ao considerar que a formação de novos padrões de raciocínio tem como elemento chave a autorregulação (KARPLUS, 1977).

Entretanto, é preciso considerar que as fases do ciclo de aprendizagem segundo Karplus (1977) combinam experiência e transmissão social. Na fase de criação de conceitos, por exemplo, o autor sugere que um conceito pode ser introduzido pelo professor, ou um livro didático, ou outro meio, o que

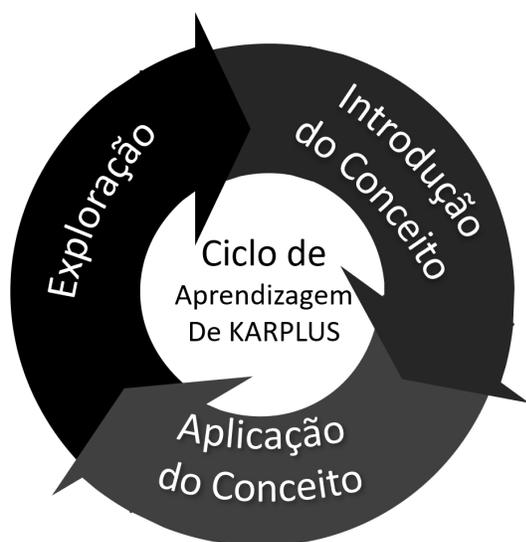


Figura 2. Ciclo de Aprendizagem de Karplus. Fonte: autoria própria

na interpretação dos autores deste trabalho, sugere uma aprendizagem substancialmente estruturada e mediada, apoiando-se, portanto, nas ideias de Vygotsky. Na perspectiva Vygotskyana, é por meio de processos mediados que as funções psíquicas superiores se desenvolvem. Nesse sentido, os signos caracterizam-se como um meio para o desenvolvimento destas funções psíquicas.

Todas as funções psíquicas superiores são processos mediados, e os signos constituem o meio básico para dominá-las e dirigi-las. O signo incorporado à sua estrutura como uma parte indispensável, na verdade a parte central do processo como um todo. Na formação de conceitos, esse signo é a palavra, que em princípio tem o papel de meio na formação de um conceito e, posteriormente, torna-se o seu símbolo (VYGOTSKY, 2008, p. 70, grifo do autor).

Retomando a descrição das atividades POGIL é importante destacar que existem aspectos que segundo Moog e Spencer (2008) são cruciais para o design das atividades. Segundo os autores, as informações do modelo devem ser suficientemente adequadas para que por meio da exploração inicial os estudantes possam desenvolver os conceitos almejados. Um outro detalhe refere-se às perguntas norteadoras que devem ser sequenciadas

cuidadosamente, para que os estudantes cheguem a conclusões coerentes e alcancem as habilidades e os objetivos de aprendizagem pretendidos. Sequencialmente, apresenta-se perguntas mais simples, baseadas no conhecimento prévio dos estudantes e nas informações disponíveis no modelo. As próximas questões promovem o reconhecimento de relações e padrões que direcionam ao desenvolvimento do conceito. Nas questões finais os estudantes são estimulados a aplicar os conceitos a novas situações (MOOG, SPENCER, 2008).

Do mesmo modo que as atividades, o professor também apresenta comportamentos diferenciados na metodologia POGIL. Diferentemente do que ocorre em uma sala de aula tradicional em que o professor expõe o conhecimento para os estudantes, em uma sala de aula POGIL o professor atua como um facilitador, orientando os estudantes (HANSON, 2006). Nesse sentido, ele caminha pela sala, ouvindo atentamente o diálogo dos estudantes nos grupos, e decide como vai intervir por meio de perguntas norteadoras (LUXFORD, CROWDER, BRETZ, 2012). Na perspectiva de um facilitador, o professor não responde prontamente as perguntas que os estudantes devem ser capazes de responder autonomamente, mas realiza novas perguntas que possam os ajudar (EBERLEIN et al; 2008).

Os estudantes também assumem papéis específicos na metodologia POGIL. Segundo Hanson (2006), podem ser: “Manager” – mantendo a equipe focada na atividade, distribuindo responsabilidades e garantindo a participação e a compreensão dos demais membros do grupo; “Spokesperson” ou “Presenter” – apresentando relatórios e discussões para a classe; “Recorder” – escrevendo as respostas das atividades e preparando relatórios; “Strategy Analyst” ou “Reflector” – identificando estratégias e métodos para a resolução de problemas, e os pontos positivos e negativos do grupo. Para a nomenclatura utilizada em nosso estudo, utilizamos as traduções de Barbosa et al (2015): coordenador, secretário e apresentador; para o que seriam respectivamente as funções de manager, recorder e presenter.

Ainda segundo Hanson (2006) é importante realizar

rotações semanais nas funções dos estudantes. Outra sugestão feita pelo autor é que em grupos menores podem-se combinar as funções de spokesperson e strategy analyst ou spokesperson e recorder. Na perspectiva de Eberlein et al; (2008) a atribuição de papéis aos estudantes faz com que estes assumam uma grande parte da responsabilidade pela aprendizagem. Essa responsabilidade, segundo Luxford, Crowder e Bretz (2012) é a de identificar padrões e relações nos modelos das atividades, trabalhando ativamente para construir novos conhecimentos. Sobre os resultados de aplicações do POGIL, a literatura tem apresentado alguns bastantes consistentes. Tem sido reportado que o POGIL: promove a aprendizagem dos estudantes ao enfatizar a investigação, a previsão e a tomada de decisão (HUNNICUTT, GRUSHOW, WHITNELL, 2017); incentiva a argumentação e a discussão (STANFORD et al; 2016); promove motivação para estudar e conduz ao êxito em avaliações (SOUTHAM, LEWIS, 2013); valoriza o conhecimento prévio dos estudantes (LUXFORD, CROWDER, BRETZ, 2012); e ainda que os estudantes desenvolvem uma maior compreensão do conteúdo (HEIN, 2012).

Em síntese, embora o POGIL tenha sido utilizado majoritariamente em níveis superiores de escolarização, o que pode ser verificado na bibliografia consultada, apresenta características que o potencializa para aplicações também no nível médio de ensino, sendo inclusive o que justifica o caráter inovador desta investigação, sobretudo no Brasil. O modelo das atividades que envolve o estudante diretamente no processo de aprendizagem, estimulando a interação com os colegas e o professor; os papéis atribuídos aos estudantes como um mecanismo para inibir a passividade destes; e as funções atribuídas ao docente que passa de uma postura de detentor do conhecimento para facilitador do processo de aprendizagem, atestam as potencialidades da metodologia POGIL. Mais informações sobre a metodologia podem ser encontradas nas referências deste artigo e também em [pogil.org](http://pogil.org), que disponibiliza, dentre outros recursos, exemplos de atividades e um guia de implementação.

### 3. Metodologia

A intervenção pedagógica foi realizada em uma turma composta por 34 estudantes do 2º ano do ensino médio e técnico em segurança do trabalho de uma escola da rede pública estadual do Brasil. Importante destacar que o professor pesquisador já atuava como professor de Química da turma desde o 1º ano do ensino médio, o que garantiu certa naturalidade ao processo de intervenção. Ao todo foram realizados seis encontros com a turma, cada encontro correspondendo a duas aulas de 50 minutos.

Os cinco primeiros encontros foram direcionados por meio das atividades POGIL elaboradas pelos autores desse trabalho, apresentando estruturalmente três tipos de questões: questão de exploração (QE), questão de criação de conceito (QC) e questão de aplicação de conceito (QA). A estrutura das atividades, dos modelos e das questões, buscou seguir os direcionamentos dos referenciais teóricos desse trabalho, especialmente Karplus (1977), Hanson (2006), Moog e Spencer (2008) e Eberlein et al. (2008). Ao todo foram produzidos nove modelos nas cinco atividades. Nesse artigo discute-se as atividades e os modelos que estão relacionados diretamente com o direcionamento outrora descrito (a formação de conceitos). Essas atividades objetivaram apresentar e discutir os aspectos qualitativos do EQ. Considerando que os principais instrumentos de coleta de dados foram construídos levando-se em consideração o ambiente natural da investigação e analisando prioritariamente o processo, esta investigação pode ser definida como uma pesquisa qualitativa, que caracteriza-se por: ter o ambiente natural como fonte direta dos dados, constituindo o investigador como instrumento principal; ser descritiva; se interessar mais pelo processo do que pelos resultados; analisar os dados de forma indutiva; e atribuir uma importância vital ao significado (BOGDAN, BIKLEN, 1994).

Tendo em vista a naturalidade da imersão do professor pesquisador no campo da investigação, e sendo este próprio um instrumento de pesquisa, o método de coleta de dados foi caracterizado como

uma observação participante, pois: “A Observação Participante é realizada em contacto directo, frequente e prolongado do investigador, com os actores sociais, nos seus contextos culturais, sendo o próprio investigador instrumento de pesquisa” (CORREIA, 2009, p. 31).

Buscando garantir maior confiabilidade aos resultados da pesquisa, utilizou-se uma triangulação de dados para a análise dos resultados. A triangulação foi realizada comparando-se as respostas dos estudantes nas atividades POGIL com as notas de campo do pesquisador, promovendo-se o diálogo com o referencial teórico da pesquisa.

Para o método de análise de dados foram utilizados alguns pressupostos da análise de conteúdo de Bardin, que é basicamente definida como: “Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) dessas mensagens”

(BARDIN, 2011, p. 48). A análise de conteúdo foi utilizada principalmente na busca de significados para a categorização das respostas dos estudantes nas atividades POGIL. Além das atividades POGIL e das notas de campo, outros instrumentos de coleta de dados utilizados foram: questionário e avaliação de aprendizagem.

Norteadas pelos princípios metodológicos descritos, a intervenção ocorreu em seis encontros, com o último sendo destinado a aplicação de uma avaliação de aprendizagem que objetivou trazer uma visão mais particularizada dos resultados da intervenção e de um questionário em escala Likert que buscou identificar as impressões dos estudantes no que se refere a aplicação da metodologia. A Figura 3, mostra o desenvolvimento das etapas executadas via metodologia POGIL.

Para a aplicação da intervenção descrita, a sala de aula foi estruturalmente reorganizada. Os estudantes foram divididos em grupos de 3 componentes a quem foram atribuídas as funções de coordenador, secretário e apresentador; e as mesas e cadeiras

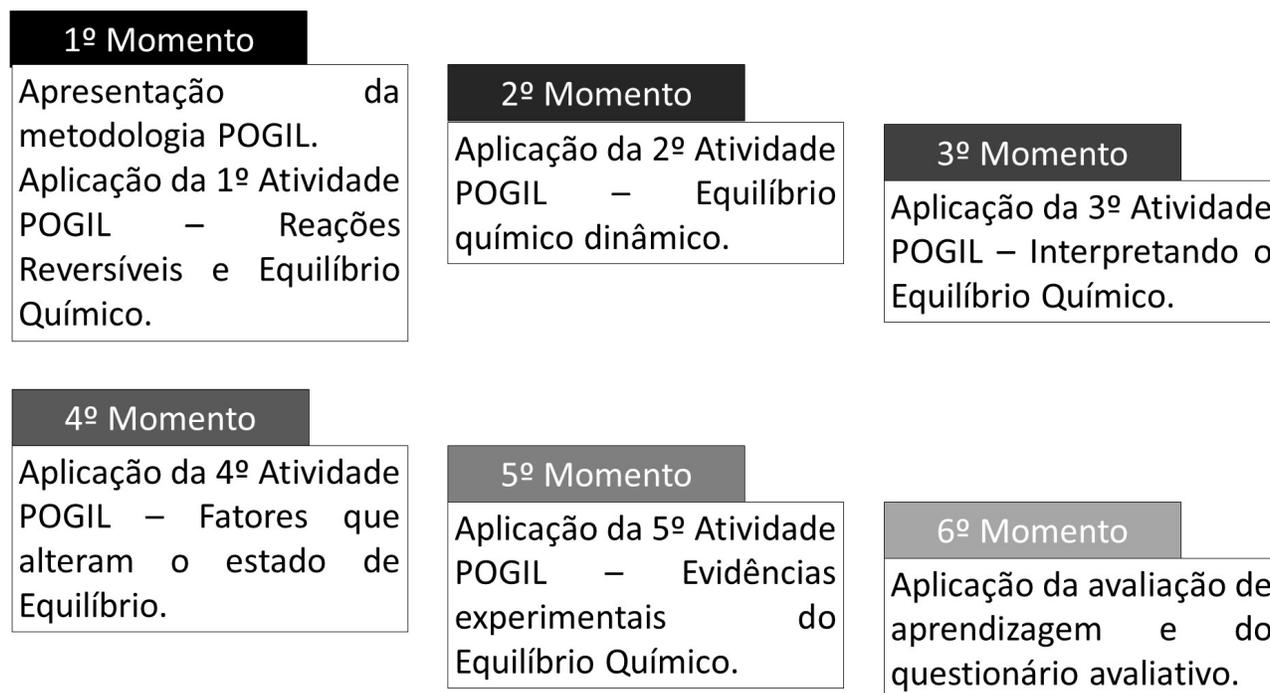


Figura 3. Intervenção Pedagógica. Fonte: dados da pesquisa, 2019.

foram organizadas de modo a estimular o caráter colaborativo dos grupos. Com os estudantes empolgados em utilizar uma nova metodologia em que cada um deles tinha um papel específico, iniciou-se a intervenção pedagógica.

Considerando ser a primeira vez que docente e estudantes utilizavam a metodologia, a intervenção iniciou-se com uma explicação em slides sobre como funciona a metodologia POGIL. Os estudantes foram informados que as aulas seguintes seriam baseadas nessa metodologia, e que a intervenção fazia parte de um estudo que objetivava contribuir para o processo de ensino/aprendizagem de Química. Os estudantes quando cientes dessas informações, receberam um termo de consentimento que foi assinado pelos responsáveis. Concluídas essas etapas, iniciou-se a aplicação da primeira atividade POGIL. Foi realizado rodízio nas funções, não apenas dentro dos grupos, mas também entre os grupos. O objetivo foi que os estudantes desempenhassem a maior variedade de funções possíveis. A partir da segunda atividade, o primeiro momento da aula era dedicado a uma revisão dos tópicos discutidos na aula anterior. Esse era um momento de socialização do conhecimento.

Desde o início da intervenção, o POGIL oportunizou a identificação de como os conceitos relacionados aos aspectos qualitativos do EQ foram estruturados pelos estudantes. No início da intervenção, os estudantes apresentavam conceitos fundamentalmente espontâneos, entretanto, nas aulas seguintes, passaram a apresentar respostas com caráter mais científico. A formação de conceitos foi um fator que se sobressaiu aos demais aspectos observados. As discussões feitas nesse artigo enfatizam essa observação.

## 4. Resultados e Discussões

### 4.1. Atividades POGIL para formação de conceitos do Equilíbrio Químico

O primeiro modelo da atividade 01 apresentava um enunciado do que seriam reações reversíveis (Quadro 1). Baseados nesse modelo, os estudantes deveriam responder quatro questões (duas questões

**Quadro 1. Modelo da atividade 01**

Quando duas substâncias ou mais reagem entre si dão origem a novas substâncias. Denominamos as substâncias que reagiram inicialmente de reagentes e as que foram formadas denominamos produto. Assim, em uma reação:  $A + B \rightarrow C + D$ , A e B seriam os reagentes e C e D seriam os produtos. É possível que essa reação ocorra inversamente, nesse caso teríamos:  $C + D \rightarrow A + B$ . A maioria das reações são reversíveis, que são reações em que os reagentes formam produtos que por sua vez podem reagir entre si regenerando os reagentes. Essas reações ocorrem simultaneamente, com reagentes formando produtos e produtos formando reagentes.

Fonte: dados da pesquisa, 2019.

exploratórias (QE), uma questão de criação de conceito (QC) e uma questão de aplicação de conceito (QA), seguindo assim o padrão do ciclo de aprendizagem).

Baseados nesse modelo e por meio da interação com os colegas e o professor, esperava-se que os estudantes fossem capazes de: representar uma reação reversível (dupla seta); representar a reação de esterificação entre ácido acético e etanol; conceituar uma reação reversível; e aplicar o conceito de reversibilidade ao processo de desmineralização da hidroxiapatita. As questões são apresentadas no quadro 2.

No que se refere a interpretação do modelo, os resultados foram considerados satisfatórios. Os estudantes, em sua maioria, conseguiram extrair corretamente as informações, representando e justificando corretamente a reação de esterificação do ácido acético (88%), conceituando adequadamente uma reação reversível (72%), e aplicando corretamente o conceito de reversibilidade (76%). Entretanto, identificou-se uma dificuldade na maioria dos estudantes em utilizar a linguagem científica correta para expressar suas ideias no que se refere ao conceito de reversibilidade das reações. Ao serem questionados sobre o que seria uma reação reversível, muitos estudantes utilizaram termos como: “a reação vira produto” ou “o reagente muda de

**Quadro 2. Questões da atividade 01 – Modelo 01**

1. Considerando o conceito de reação reversível discutido no texto, como seria melhor representada uma reação reversível?
2. Sabendo-se que a reação de esterificação entre ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) e etanol ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) produzindo acetato de etila ( $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ ) e água, trata-se de uma reação reversível, qual a forma adequada de se representar essa reação?
3. O que é uma reação reversível?
4. A hidroxiapatita ( $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ )<sub>(s)</sub> é o principal constituinte do esmalte dos dentes. Quando o pH da boca fica abaixo de 5,5, por certo tempo, a hidroxiapatita passa por um processo de desmineralização formando os íons  $5 \text{Ca}^{2+}_{(aq)} + 3 \text{PO}_4^{3-}_{(aq)} + \text{OH}^{-}_{(aq)}$ . Quando o pH da boca começa a se reestabelecer a hidroxiapatita começa a se remineralizar. Porque esse processo ocorre? Como você representaria essa reação?

Fonte: dados da pesquisa, 2019.

estado”. O Quadro 3 sintetiza (com correções linguísticas) algumas das respostas dos estudantes que ratificam essas impressões.

Estas dificuldades foram esperadas, pois os aspectos qualitativos do equilíbrio químico tais como: reversibilidade e dinamicidade são de difícil interpretação, considerando que necessitam de conceitos abstratos para o seu entendimento. A literatura mostra esta

**Quadro 3. Respostas dos estudantes referentes ao conceito de reversibilidade**

- “Reversível é quando o reagente muda de estado simultaneamente e depois volta ao seu estado natural formando produto.”
- “Quando os produtos podem virar reagentes, e os reagentes virarem produtos, e a concentração é constante”.
- “É quando a reação vira produto e o produto vira reação.”

Fonte: dados da pesquisa, 2019.

dificuldade de entendimento: “A reversibilidade das reações de formação dos produtos e de reconstituição dos reagentes foi outro aspecto que se evidenciou problemático. Para muitos alunos, no estado

de equilíbrio químico não existem mais espécies reagentes” (MACHADO, ARAGÃO, 1996, p. 19). Não obstante, o primeiro momento da intervenção trouxe resultados satisfatórios, principalmente no que se refere aos aspectos comportamentais. De acordo com os registros das notas de campo, os estudantes demonstraram engajamento e concentração ao responderem as atividades, mesmo aqueles que geralmente se mostravam desinteressados em aulas anteriores. A participação ativa dos estudantes foi evidenciada tanto na interação dentro dos grupos quanto na fase de socialização das respostas (alguns apresentadores utilizaram o quadro para socializar as respostas do grupo). Alguns confundiram os papéis que deveriam desempenhar durante a aplicação da metodologia, o que se considerou natural por se tratar do primeiro dia da intervenção. Outro ajuste necessário foi com relação ao tempo. Com a percepção das necessidades individuais dos estudantes, foram realizadas adaptações no sentido de respeitar o ritmo de aprendizagem de cada estudante.

A discussão entre os estudantes (mediação horizontal) foi um aspecto bastante estimulado durante a intervenção. Este estímulo foi realizado considerando que, assim como o professor (mediação vertical), os estudantes possuem forte influência no desenvolvimento da zona de desenvolvimento proximal (ZDP) dos seus colegas. “A aprendizagem cooperativa entre colegas e pares da mesma formação, a denominada coaprendizagem, é um palco ideal para gerar amplificação na ZDP dos elementos componentes do grupo de aprendizagem; por isso deve ser amplamente incentivada na educação e na formação” (FONSECA, 2018, p. 125, grifo do autor). Sobre a ZDP é importante ressaltar o entendimento de que esta refere-se a distância entre o que o estudante é capaz de fazer e um nível proximal que ele pode atingir sob orientação (WARFORD, 2011). No que se refere ao processo de mediação por parte do professor, concordamos com o posicionamento de Oliveira e Catão (2017, p. 52):

Na educação escolar, o conceito de aprendizagem mediada confere uma posição privilegiada ao professor no processo educativo, considerando que

para se efetivar o desenvolvimento, é desejável que a instrução seja favorecida por um ambiente dinâmico, possibilitando aos estudantes construir suas diferentes formas de pensar, baseados nas questões articuladas em sala de aula.

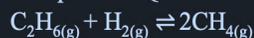
A atividade encerrou-se com uma discussão sobre os principais tópicos discutidos. Os estudantes socializaram suas respostas e resumiram as suas principais conclusões sobre a reversibilidade das reações químicas.

O objetivo da segunda atividade foi discutir o conceito de EQ e suas características, sobretudo o aspecto dinâmico. Para este intento, o modelo apresentava um fragmento de texto que definia o conceito de reações reversíveis (sendo este um conceito já explorado, criado e aplicado via modelos do ciclo de aprendizagem na atividade anterior); uma equação química; e uma referência a analogia discutida no segundo modelo da atividade anterior. A analogia tratava-se de um jogo de futebol em que os atletas se revezavam para participar. Quando a quantidade de jogadores entrando e saindo do gramado era constante e a velocidade igual, o revezamento estava em equilíbrio. O Quadro 4 apresenta a equação e a referência à analogia.

Utilizando como referência essas informações, abordou-se diversas questões sobre aspectos do EQ (Quadro 5). O número de moléculas do meio reacional, a formação de produtos e reagentes, a taxa de desenvolvimento da reação, a dinamicidade e a concentração das espécies químicas, foram alguns

**Quadro 4. Modelo da atividade 02**

**Equilíbrio Químico**



A exemplo do que ocorreu no jogo de futebol, exemplificado no modelo 02, da atividade 01, as reações químicas também podem atingir o estado de equilíbrio. Seguindo a mesma linha de raciocínio das questões anteriores, responda as próximas perguntas.

**Fonte: dados da pesquisa, 2019.**

**Quadro 5. Questões da atividade 02**

1. Na reação representada acima o número de moléculas do meio reacional sofre alteração?
2. No equilíbrio químico forma-se produtos ou reagentes?
3. No estado de equilíbrio a reação química continua a ocorrer ou cessa?
4. As concentrações de reagentes e produtos são alteradas no estado de equilíbrio?
5. A taxa de desenvolvimento de formação de reagentes e a taxa de desenvolvimento de formação de produtos são iguais ou diferentes?
6. Conceitue equilíbrio químico.

**Fonte: dados da pesquisa, 2019.**

dos aspectos discutidos. Estas questões foram caracterizadas como questões de criação de conceito. Semelhantemente à atividade anterior, os resultados do segundo encontro foram promissores. Na questão do número de moléculas do meio reacional, a totalidade dos estudantes apresentou respostas satisfatórias. A maioria utilizou como explicação a estequiometria da reação. Importante destacar que o fato de os estudantes utilizarem os conhecimentos referentes à estequiometria, provavelmente ocorreu em decorrência deste tema ter sido estudado anteriormente, com abordagens que estimulavam à participação. Esta observação ressalta a importância de oportunizar situações de aprendizagem com conceitos previamente estruturados, o que oportuniza o desenvolvimento da ZDP do estudante. “Em cada passo da zona o mediatizado se torna capaz de aprender novas tarefas ou novos conceitos, cada vez mais complexos; o que ele realizava com assistência mediatizada ontem se transforma em uma realização independente amanhã” (FONSECA, 2018, p. 121). Esse desenvolvimento nem sempre pode ser estimulado/observado em uma abordagem fundamentalmente expositiva. É necessário oportunizar situações de aprendizagem em que o estudante seja encorajado a utilizar os conhecimentos já adquiridos, para que quando se deparar com o estudo de um novo tema, possa explorar, criar e aplicar conceitos que já foram previamente estruturados,

e que, portanto, fazem parte das suas ferramentas cognitivas. Esse é um aspecto que parece ser estimulado por meio do uso de metodologias ativas. Ainda sobre a atividade, os estudantes também afirmaram que no equilíbrio formam-se reagentes e produtos e que a reação continua a ocorrer, com as concentrações constantes e a taxa de desenvolvimento igual. Apesar das respostas satisfatórias, o que pode ser um indício da eficácia do modelo da atividade POGIL, essas situações foram exploradas em atividades posteriores. De fato, na questão 06, ficou evidente a dificuldade de alguns estudantes em conceituar cientificamente o EQ. Ao socializarem suas respostas ficava claro que desenvolveram um entendimento relativamente adequado do EQ, entretanto apresentavam dificuldades em explicar os conceitos. Interpreta-se que a gênese dessas dificuldades está relacionada com a complexidade dos aspectos qualitativos do EQ. A compreensão de que a reação continua a ocorrer quando está em equilíbrio (aspecto dinâmico), com concentrações constantes e taxas de desenvolvimento iguais, requer um nível de abstração e um entendimento conceitual que muitas vezes o estudante não dispõe. Eis a razão para se propor situações de ensino diversificadas, tendo em vista que um desenvolvimento conceitual

profundo não pode ser facilmente desenvolvido em uma abordagem qualitativa superficial, e menos ainda em uma abordagem fundamentalmente quantitativa, tendo em vista que: “pesquisas em educação Química sugerem que a habilidade de interpretação quantitativa nem sempre é resultado do entendimento conceitual” (DAVENPORT et al; 2014, p. 1517, tradução nossa).

Apesar dessas dificuldades, diferentemente do primeiro dia em que os estudantes apresentavam conceitos fundamentalmente espontâneos, houve indícios de que a mediação estava contribuindo para uma apropriação de conceitos científicos. A partir da análise das respostas da questão 06, construiu-se as seguintes categorias: resposta coerente (respostas que não apresentavam erros conceituais e faziam referência aos principais aspectos do EQ); resposta parcialmente coerente (respostas que não apresentavam erros conceituais, mas faziam referência a apenas alguns dos aspectos do EQ); e resposta incoerente (respostas com erros conceituais). A coerência das respostas foi determinada considerando o contexto científico aceito pela comunidade acadêmica. Exemplos dessas respostas com suas respectivas categorias e correções linguísticas são apresentadas no Quadro 6.

**Quadro 6. Conceito de EQ segundo os estudantes**

<b>Categorização</b>	<b>Exemplos</b>	<b>Quantidade de respostas</b>
Resposta coerente	“No equilíbrio químico o número de moléculas não sofre alteração. Nele são formados produtos e reagentes. No estado de equilíbrio a reação continua a ocorrer, e a concentração de reagentes e produtos é constante. Tanto a taxa de desenvolvimento de formação de reagentes e produtos são iguais. ”	65%
Resposta parcialmente coerente	“A concentração de produtos e reagentes é constante, produtos formam reagentes e reagentes formam produtos simultaneamente. ”	20%
Resposta incoerente	“Equilíbrio químico é quando a transformação de produtos é igual a de reagentes e também quando a taxa de desenvolvimento é igual. E tem o mesmo número de moléculas no meio reacional. ”	15%

Fonte: dados da pesquisa, 2019.

Essa apropriação progressiva de conceitos científicos também é indicada nos estudos de Vygotsky em um princípio denominado microgênese da aprendizagem (FONSECA, 2018).

Para esse autor, a aprendizagem não ocorre por grandes saltos, mas emerge de um processo de mudança contínua por microganhos provocados pela experiência integrada, aprofundada e mediatizada. Quanto mais as tarefas de aprendizagem estiverem estruturadas em diferentes níveis e subníveis, mais a ZDP do mediatizado é explorada, recombina e redefinida (FONSECA, 2018, p. 139).

O desenvolvimento dos estudantes foi notoriamente observado na aplicação da metodologia POGIL. Em suas discussões os estudantes utilizavam cada vez mais um repertório vocabular estruturado em conceitos científicos. Credita-se essa apropriação vocabular à forma como as atividades foram estruturadas e a metodologia foi mediada. Durante a aplicação do POGIL os estudantes eram incentivados a realizar cada vez mais as discussões horizontais. Com esse propósito, o professor pesquisador caminhava pela sala, frequentemente intervindo nas discussões do grupo por meio de perguntas que ajudavam os estudantes a desenvolverem uma compreensão conceitual mais profunda.

Os estudantes também demonstraram um maior nível de autonomia na segunda atividade. Evidenciou-se um expressivo aumento das discussões entre os grupos, inclusive os estudantes que faltaram ao primeiro encontro foram orientados pelos próprios colegas, o que indica mais uma potencialidade da metodologia.

A terceira atividade POGIL caracterizou-se pela completa adaptação dos sujeitos da pesquisa à metodologia POGIL. Os próprios estudantes organizaram a sala de aula e dividiram os grupos de acordo com as funções que ainda não haviam desempenhado. O pesquisador também apresentou uma maior adaptação a metodologia, realizando perguntas norteadoras mais bem elaboradas e não respondendo prontamente os estudantes, atuando, portanto, como um facilitador. A atividade objetivou que os estudantes aplicassem os conceitos desenvolvidos nas aulas anteriores a situações em que ocorre o EQ, como

a formação de estalactites e estalagmites (Quadro 7), com ênfase ao aspecto dinâmico e reacional (concentração e taxa de desenvolvimento).

#### Quadro 7. Modelo da atividade 03

Nas cavernas, além de morcegos, é comum encontrar formas características denominadas estalactites e estalagmites. Nesse processo, o carbonato de cálcio se dissolve na presença de dióxido de carbono e água. Uma vez que a concentração de dióxido de carbono diminui, favorece-se a formação de carbonato de cálcio.



Fonte: dados da pesquisa, 2019.

De um modo geral, os estudantes apresentaram respostas satisfatórias para essa atividade, relacionando corretamente a formação das estalactites e estalagmites a uma situação em equilíbrio (85%); afirmando que as concentrações são constantes – e não necessariamente iguais no equilíbrio (85%); indicando coerentemente que o equilíbrio químico é dinâmico (70%); e em sua totalidade afirmando que no EQ a taxa de desenvolvimento é igual no sentido da formação de reagentes e produtos. O Quadro 8 apresenta as questões dessa atividade que foram caracterizadas como questões de aplicação.

#### Quadro 8. Questões da atividade 03

1. A reação de formação das estalactites e estalagmites é um processo reversível? O sistema está em equilíbrio? Justifique?
2. Utilizando os conceitos de equilíbrio já estudados, determine se as afirmativas a seguir são verdadeiras ou falsas para a reação de formação das cavernas. Se houver afirmativas falsas, reescreva-as da maneira correta.
  - I – O sistema entra em equilíbrio quando as concentrações dos reagentes e produtos são exatamente iguais. ( )
  - II – O sistema entra em equilíbrio quando a taxa de desenvolvimento da reação direta e inversa são iguais. ( )
  - III – O sistema entra em equilíbrio quando as reações direta e inversa cessam, proporcionando estabilidade ao sistema. ( )

Fonte: dados da pesquisa, 2019.

Um ponto importante que se observou nas notas de campo, foi o aumento das discussões horizontais (estudante-estudante). Parece ter ficado claro para os estudantes a importância da aprendizagem colaborativa na resolução das atividades.

Entretanto, o que merece ser destacado foi o quanto os estudantes foram progressivamente se apropriando dos conceitos científicos para responderem as questões. Essa apropriação ficou evidente nas discussões dentro dos grupos e durante a socialização das respostas. A apropriação progressiva de conceitos científicos é abordada consistentemente por Vygotsky (2008). Segundo o autor é necessário que os conceitos espontâneos alcancem um certo nível para que um conceito científico correlato seja absorvido.

Ademais, evidenciou-se nesta atividade e nas que se seguiram a completa familiaridade dos estudantes no que se refere ao tema de estudo e principalmente a metodologia. Nas atividades seguintes os estudantes foram capazes de aplicar o conceito de EQ a diversas situações, tais como na análise de quadros e gráficos, e na interpretação do princípio de Le Chatelier. Em uma abordagem utilizando uma atividade experimental, a maioria dos estudantes foi capaz de atribuir caráter dinâmico ao EQ, mesmo observando os aspectos macroscópicos das reações.

Entende-se que a forma como as atividades foram estruturadas, a mediação, e as discussões horizontais contribuíram para esses resultados. Um ponto muito importante que é salutar destacar, é que nenhuma das questões das atividades POGIL aplicadas foi devolvida em branco, o que atesta o quanto a metodologia incentivou o engajamento dos estudantes. Uma vez que desempenharam as funções de coordenador, secretário e apresentador, os estudantes passaram a escolher aquelas que mais se identificaram, desempenhando-as cada vez melhor. Houve momentos em que os apresentadores solicitavam permissão para ir ao quadro socializar as respostas do grupo. Quando um estudante do ensino médio que antes participava passivamente das aulas, apresenta uma postura como essa, há fortes indícios de que a metodologia oportunizou um

envolvimento ativo no processo de aprendizagem.

#### 4.2. Avaliação de Aprendizagem e Avaliação dos Estudantes

Ao final da intervenção aplicou-se uma avaliação de aprendizagem com o intuito de verificar os níveis de aprendizagem dos estudantes com relação aos principais aspectos qualitativos do EQ. A avaliação apresentou 05 questões dissertativas que abordavam os principais tópicos do EQ estudados na intervenção. A análise das respostas permitiu identificar que após a aplicação da metodologia os estudantes: foram capazes de apresentar corretamente o conceito de reversibilidade (88%); demonstraram entendimento de que no EQ as concentrações de reagentes e produtos são constantes (79%), e ainda que o EQ é dinâmico e que produtos e reagentes coexistem no mesmo meio reacional (92%). Esses resultados certificam que o POGIL trouxe resultados significativos para aquisição conceitual destes aspectos do tema EQ.

Na última questão os estudantes deveriam, utilizando os conhecimentos adquiridos durante a intervenção e analisando uma nuvem de palavras, conceituar o EQ. Os resultados foram consideravelmente significativos. 87,5% dos estudantes apresentaram respostas bem fundamentadas em que utilizaram termos científicos e organizaram um enunciado bem estruturado. O que pode indicar a eficácia da abordagem utilizada. Algumas das respostas dos estudantes são apresentadas com correções linguísticas no Quadro 9.

Conforme evidencia-se nos exemplos apresentados, as respostas dos estudantes referentes ao conceito de EQ, apresentaram termos fundamentalmente científicos, o que indica que os conceitos espontâneos por meio do processo de ensino/aprendizagem estruturaram-se em conceitos científicos ao final da intervenção. “Finalmente, o estudo dos conceitos científicos como tais tem importantes implicações para a educação e o aprendizado. Embora esses conceitos não sejam absorvidos já prontos, o ensino e a aprendizagem desempenham um importante papel na sua aquisição” (VYGOTSKY, 2008, p. 108-109).

#### Quadro 9. Conceito de EQ na perspectiva dos estudantes

“O equilíbrio ocorre quando se forma produtos e reagentes ao mesmo tempo, sua concentração é constante, e sua taxa de desenvolvimento será igual. O interessante é que macroscopicamente, parece que acabou, parou, porém microscopicamente ela continua. Por fim o equilíbrio é dinâmico.”

“O equilíbrio químico é quando uma reação é reversível, e há a formação de produtos e reagentes simultaneamente. Uma reação atinge o equilíbrio quando as taxas de desenvolvimento forem iguais e as concentrações constantes. Esse equilíbrio é dinâmico, ao alcançar o equilíbrio a reação continua a ocorrer, macroscopicamente ela para mas microscopicamente continua a ocorrer constantemente.”

Fonte: dados da pesquisa, 2019.

No que se refere a avaliação da metodologia POGIL, os resultados também foram satisfatórios. A maioria dos estudantes concordou totalmente ou concordou que a metodologia facilitou a compreensão do tema e motivou à participação nas aulas. A maioria dos estudantes também concordou totalmente ou concordou que as atividades POGIL e os papéis a eles atribuídos nas atividades facilitaram a compreensão do tema EQ e contribuiu para tornar a aprendizagem mais ativa e dinâmica. De fato, as atividades POGIL foram bastante elogiadas pelos estudantes durante toda a intervenção. A dinâmica dos papéis atribuídos aos estudantes também contribuiu significativamente no sentido de motivá-los a participar das atividades.

## 5. Considerações Finais

A análise das respostas dos estudantes nas atividades POGIL e na avaliação de aprendizagem, bem como os registros das notas de campo, permitem afirmar que a metodologia POGIL contribuiu para um efetivo aprendizado dos aspectos relacionados ao EQ dentro do contexto científico aceito. Ao final da intervenção, a maioria dos estudantes apresentou o entendimento de que: no equilíbrio as concentrações de reagentes e produtos são constantes; as taxas de desenvolvimento de formação de produtos

e decomposição de reagentes são iguais; reagentes e produtos coexistem no mesmo meio reacional; e ainda que o EQ é dinâmico. Reitera-se e destaca-se que a formação de conceitos relacionados ao EQ foi um dos grandes resultados da intervenção. A aplicação do POGIL oportunizou ao pesquisador identificar gradualmente os conceitos espontâneos sendo estruturados em conceitos científicos. Conceitos estes aplicados a diversas situações, inclusive concretas. Essas observações talvez não fossem possíveis em uma abordagem fundamentalmente expositiva. Os aspectos comportamentais dos estudantes também se notabilizaram na intervenção. A análise detalhada das notas de campo, permitiu identificar que os estudantes se tornaram mais participativos, melhoraram a suas relações interpessoais e desenvolveram autonomia e criticidade.

Por fim, avalia-se que a implementação do POGIL no ensino médio ocorreu de forma satisfatória. A principal dificuldade encontrada nessa intervenção foi o tempo necessário para elaborar as atividades. Atividades dessa natureza, construídas cuidadosamente, considerando os níveis de aprendizagem, necessitam de tempo que muitas vezes o professor não dispõe. É por essa razão que estimulamos que essa intervenção seja realizada por outros docentes. E que ao realizarem intervenções semelhantes, os professores disponibilizem suas atividades para que outros profissionais possam utilizá-las. Considerações mais amplas sobre a aplicação das atividades e modelos POGIL podem ser encontradas em Pereira (2019). As discussões nesse artigo voltaram-se para como se deu o processo de formação de conceitos relacionados ao EQ por meio da implementação da metodologia POGIL. Incentiva-se ainda o uso de outras metodologias ativas que proporcionem ganhos significativos de aprendizagem como os que aqui foram relatados.

## 6. Referências

ATKINSON, M. B. et al. Constructing Explanations in an Active Learning Preparatory Chemistry Course. *Journal of Chemical Education*. v. 97,

- p. 626-634. 2020.
- BARBOSA, L. R. D. et al. O uso do POGIL no Ensino de Licenciatura em Química – Avaliação dos Estudantes. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 2., 2015, Campina Grande, PB, 2015. Anais [...] Campina Grande, PB, 2015.
- BARDIN, L. Análise de conteúdo. Edições 70. São Paulo: Brasil. 2011.
- BEDIN, E.; DEL PINO, J. C. Dicumba – o aprender pela pesquisa em sala de aula: os saberes científicos de química no contexto sociocultural do aluno. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, v. 13, n. 2, p. 338-352. 2018. doi: <http://doi.org/10.14483/23464712.13055>
- BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos. Porto. Porto: Portugal. 1994.
- BONWELL, C. C.; EISON, J. A. Active Learning; Creating Excitement in the Classroom. No. 1. ASHE-ERIC Higher Education Report. Washington, D.C.: The George Washington University, School of Education and Human Development. 1991.
- CHASE, A.; PAKHIRA, D.; STAINS, M. Implementing Process-Oriented, Guided-Inquiry Learning for the First Time: Adaptations and Short-Term Impacts on Students' Attitude and Performance. *Journal of Chemical Education*, v. 90, p. 409-416. 2013.
- CORREIA, M. C. B. A observação participante enquanto técnica de investigação. *Pensar Enfermagem*, v. 13, n. 2, p. 30-36. 2009.
- DAVENPORT, J. L. et al. Evidence-Based Approaches to Improving Chemical Equilibrium Instruction. *Journal of Chemical Education*, v. 91, p. 1517-1525. 2014.
- EBERLEIN, T. et al. Pedagogies of engagement in science. A comparison of PBL, POGIL, and PLTL. *Biochemistry and molecular biology education*, v. 36, n. 4, p. 262-273. 2008.
- EILKS, I.; GULACAR, O. A Colorful Demonstration to Visualize and Inquire into Essential Elements of Chemical Equilibrium. *Journal of Chemical Education*, v. 93, p. 1904-1907. 2016.
- ELBAHRI, M. et al. Innovative Education and Active Teaching with the Leidenfrost Nanochemistry. *Journal of Chemical Education*, v. 95, p. 1966-1974. 2018.
- FONSECA, V. Desenvolvimento cognitivo e Processo de Ensino-Aprendizagem: abordagem psicopedagógica à luz de Vygotsky. Vozes. Petrópolis: Brasil, 2018.
- GHIRARDI, M. et al. Implementing an Equilibrium Law Teaching Sequence for Secondary School Students To Learn Chemical Equilibrium. *Journal of Chemical Education*, v. 92, p. 1008-1015. 2015.
- HANSON, D. M. Instructor's guide to process-oriented guided-inquiry learning. Pacific Crest: Lisle, IL, 2006.
- HEIN, S. M. Positive Impacts Using POGIL in Organic Chemistry. *Journal of Chemical Education*, v. 89, p. 860-864. 2012.
- HUDDLE, P. A.; WHITE, M. W. Simulations for Teaching Chemical Equilibrium. *Journal of Chemical Education*, v. 77, n. 7, p. 920-926. 2000.
- HUNNICUTT, S. S.; GRUSHOW, A.; WHITNELL, R. How Is the Freezing Point of a Binary Mixture of Liquids Related to the Composition? A Guided Inquiry Experiment. *Journal of Chemical Education*, v. 94, p. 1983-1988. 2017.
- KARPLUS, R. Science Teaching and the Development of Reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*. v. 14, n. 2. p. 169-175. 1977.
- LUXFORD, C. J.; CROWDER, M. W.; BRETZ, S. L. A Symmetry POGIL Activity for Inorganic Chemistry. *Journal of Chemical Education*, v. 89, p. 211-214. 2012.
- MACHADO, A. H.; ARAGÃO, R. M. R. Como os estudantes concebem o estado de Equilíbrio Químico. *Química Nova na Escola*, n. 4, p. 18-20. 1996.
- MARTÍNEZ-GRAU, M.; SOLAZ-PORTOLÉS, J. J.; SANJOSÉ, V. Propuesta de un test para determinar el conocimiento conceptual de estudiantes universitarios sobre la constante de equilibrio químico y su aplicación en estudiantes españoles. *Química Nova*, v. 37, n. 4, p. 740-744.

- 2014.
- MOOG, R. S.; SPENCER, J. N. POGIL: An Overview. In: MOOG, R. S. et al. Process Oriented Guided Inquiry Learning (POGIL); ACS Symposium Series; American Chemical Society: Washington, DC, 2008; Cap. 1, p. 1-13.
- OLIVEIRA, D. M.; CATÃO, V. Teoria das metas de realização em sala de aula e as possíveis influências nos padrões motivacionais para a aprendizagem da química em duas turmas do ensino médio. *Revista Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, v. 12 n. 2, p. 50-68. 2017. doi: 10.14483/23464712.11039.
- PASQUARELLI, B. V. L., OLIVEIRA, T. B. Aprendizagem baseada em projetos e formação de professores: uma possibilidade de articulação entre as dimensões estratégica, humana e sócio-política da didática. *Revista Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, v. 12, n. 2, p. 186-203. 2017. doi: 10.14483/23464712.10903.
- PEREIRA, Luiz Fernando. Uma Proposta de Ensino de Equilíbrio Químico com Uso da Metodologia Ativa POGIL. 2019. 198f. Dissertação (Mestrado em Química) – Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.
- POGIL. Process Oriented Guided Inquiry Learning. Disponível em: <http://pogil.org/>. Acesso em Maio. 2020.
- RAU, M. A. et al. Unpacking “Active Learning”: A Combination of Flipped Classroom and Collaboration Support Is More Effective but Collaboration Support Alone Is Not. *Journal of Chemical Education*, v. 94, p. 1406-1414. 2017.
- RAVIOLO, A.; MARTÍNEZ AZNAR, M. Una revisión sobre las concepciones alternativas de los estudiantes en relación con el equilibrio químico. Clasificación y síntesis de sugerencias didácticas. *Investigación Educativa*, v. 3, n. 14, p. 159-165. 2003.
- SOUTHAM, D. C.; LEWIS, J. E. Supporting Alternative Strategies for Learning Chemical Applications of Group Theory. *Journal of Chemical Education*, v. 90, p. 1425-1432. 2013.
- STANFORD, C. et al. Analysis of Instructor Facilitation Strategies and Their Influences on Student Argumentation: A Case Study of a Process Oriented Guided Inquiry Learning Physical Chemistry Classroom. *Journal of Chemical Education*, v. 93, p. 1501-1513. 2016.
- VALENTE, J. A. A sala de aula invertida e a possibilidade do ensino personalizado: uma experiência com a graduação em midialogia. In: BACICH, L.; MORAN, J. (Orgs.). *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem-teórico-prática*. Penso. Porto Alegre: Brasil, 2018. Cap. 1, p. 26-44.
- VYGOTSKY, L. S. *Pensamento e Linguagem*. Traduzido por: CAMARGO, J. L. 4ª ed. Martins Fontes. São Paulo: Brasil, 2008.
- WARFORD, M. K. The zone of proximal teacher development. *Teaching and Teacher Education*, v. 27, p. 252-258. 2011.

