



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE FORMAÇÃO DOCENTE
CURSO DE QUÍMICA-LICENCIATURA

DANIEL HERCULANO CRUZ NETO

**COURSE-BASED UNDERGRADUATE RESEARCH EXPERIENCES (CURE):
fortalecendo a relação ensino-pesquisa na formação superior**

Caruaru

2019

DANIEL HERCULANO CRUZ NETO

**COURSE-BASED UNDERGRADUATE RESEARCH EXPERIENCES (CURE):
fortalecendo a relação ensino-pesquisa na formação superior**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Química-Licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Química.

Área de concentração: Química.

Orientador: Profa. Dra. Roberta Dias.

Caruaru

2019

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Simone Xavier - CRB/4 - 1242

C957c Cruz Neto, Daniel Herculano.
Course-Based Undergraduate Research Experiences (CURE): fortalecendo a
relação ensino-pesquisa na formação superior. / Daniel Herculano Cruz Neto. – 2019.
118 f. : 30 cm.

Orientadora: Roberta Pereira Dias.

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de
Pernambuco, CAA, Licenciatura em Química, 2019.

Inclui Referências.

1. Professores - Formação. 2. Pesquisa. 3. Ensino superior. I. Dias, Roberta Pereira
(Orientadora). II. Título.

CDD 371.12 (23. ed.)

UFPE (CAA 2019-055)



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
NÚCLEO DE FORMAÇÃO DOCENTE DO CAMPUS DO AGRESTE
COLEGIADO DO CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA**

FOLHA DE APROVAÇÃO DO TCC

DANIEL HERCULANO CRUZ NETO

**“COURSE-BASED UNDERGRADUATE RESEARCH EXPERIENCES (CURE):
FORTALECENDO A REAÇÃO ENSINO-PESQUISA NA FORMAÇÃO SUPERIOR”**

TCC apresentado à Universidade Federal de Pernambuco,
como parte das exigências para a obtenção do título de
graduado em Química-Licenciatura.

Caruaru, 16 de maio de 2019

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Roberta Pereira Dias (CAA/UFPE)
(Orientadora)

Profa. Dra. Flávia Cristina Gomes Catunda de Vasconcelos (CAA/UFPE)
(Examinadora 1)

Profa. Dra. Juliana Angeiras Batista da Silva (CAA/UFPE)
(Examinadora 2)

A minha família.

RESUMO

As universidades brasileiras, historicamente, têm tido um desempenho insatisfatório com relação ao cumprimento do seu papel principal enquanto instituição formadora que deve, de acordo com a LDB/96, incentivar a produção de conhecimentos científicos, estabelecendo a relação dialógica ensino-pesquisa na Educação Superior. Como forma de contornar esta problemática e atuar diretamente na relação ensino-pesquisa, surge a abordagem CURE (*Course-Based Undergraduate Research Experiences*). Nessa abordagem, as salas de aulas transformam-se em espaços de pesquisa científica, de modo que os estudantes devem, em um tempo determinado pelo docente, investigar um problema científico que ainda carece de respostas, de modo que as experiências deste tipo devem ser fundamentadas em cinco preceitos básicos: uso de práticas científicas, descoberta, relevância científica, colaboração e iteração. Este trabalho considera a abordagem CURE de forma desvinculada de seu contexto original de elaboração, o qual restringe a experiência aos laboratórios experimentais de cursos de Ciências da Natureza, de modo que se compreende que as experiências podem ser desenvolvidas em quaisquer ambientes onde seja imperativo o processo de ensino e aprendizagem, independente da área/curso. Assim, o objetivo do presente trabalho é compreender a situação atual da pesquisa científica no curso de Química-Licenciatura da UFPE/CA, exemplificando a abordagem CURE através de uma proposta específica para o curso. Metodologicamente, este trabalho foi subdividido em três etapas: inicialmente, houve a aplicação de um questionário qualitativo, realizada em 2018.1, com todos os estudantes matriculados em todos os períodos do curso, a fim de investigar a compreensão dos mesmos sobre pesquisa científica e as oportunidades que são oferecidas; em segundo lugar, houve a proposição e realização de um evento científico, o SPCAgreste, com o objetivo de divulgar a atividade de pesquisa científica, de modo que foi aplicado um questionário com uma escala Likert para compreender a percepção dos estudantes sobre o evento; e, finalmente, na terceira etapa, houve a proposição de uma disciplina eletiva com uma abordagem CURE a fim de exemplificar a utilização de uma experiência de ensino-pesquisa na sala de aula. Os dados do questionário qualitativo da primeira etapa foram analisados à luz da Análise de Conteúdo, ao passo que os dados quantitativos do questionário da segunda etapa foram tratados com estatística básica. Os resultados apontam para um número muito baixo de estudantes envolvidos com pesquisa no curso, bem como visões distorcidas sobre ciência e conhecimento científico. Além disto, os estudantes reconheceram que a atividade de pesquisa é importante tanto para a atuação quanto para a formação profissional. No que concerne ao SPCAgreste, o evento foi avaliado pelos estudantes como fundamental para divulgar as oportunidades de pesquisa, bem como para democratizar o acesso às informações e integrar os cursos do NFD. Por fim, foi proposta uma disciplina eletiva com uma abordagem CURE, na qual os estudantes pesquisariam a regioseletividade da primeira etapa do ciclo catalítico da hidroformilação do propeno. Deste modo, conclui-se que as práticas de ensino desenvolvidas através da pesquisa são fundamentais, pois invocam o dialogismo ensino-pesquisa previsto na legislação e faz com que a universidade cumpra seu papel social enquanto instituição formativa.

Palavras-chave: Course-based Undergraduate Research Experiences. CURE. Formação Docente. Pesquisa Científica. Pesquisa na Formação Superior.

ABSTRACT

The history of Brazilian universities has shown inefficiency when it comes to performing their role as formative institutions which must, according to LDB/96, encourage the production of scientific knowledge, therefore establishing the dialogical relationship between teaching and research in the Higher Education. By attempting to approach that issue and act directly in the teaching-research relationship, the CURE (Course-Based Undergraduate Research Experiences) approach comes as an alternative. In this approach, the classrooms are transformed into spaces where scientific researches are developed, which means that the students must, within a period determined by the professor, investigate a scientific problem that seeks responses, so that those experiences must be grounded in five basic precepts: use of scientific practices, discovery, scientific relevance, collaboration, and iteration. This research considers the CURE approach as unlinked from its original context of elaboration, which restricts the experience to experimental laboratories of STEM courses. Therefore, this research considers that those experiences can be developed wherever the teaching and learning process is imperative, regardless of the course or area of study. Therefore, this research aims to diagnose the current research situation regarding the chemistry undergrad course of UFPE/CA, exemplifying the CURE approach through a specific proposal for the course. When it comes to methodology, this research was divided into three stages: firstly, a qualitative questionnaire was applied in order to investigate the students' conceptions regarding scientific researches, as well as the opportunities offered in the course; secondly, a scientific event was proposed, aiming to shine a light on the research activities that are developed in the campus, and a Likert-scale questionnaire was applied in order to evaluate whether the students found the event important or not; finally, on the final stage, a 30-hour optative discipline was proposed within a CURE framework, aiming to exemplify its application. Moreover, qualitative data were analyzed based on the content analysis and the quantitative data were treated with basic statistics. The results show a very low number of students involved with research projects, as well as distorted visions of science itself and scientific knowledge. Furthermore, the students recognized the research activity as an important element of their professional life and also their graduation process. When it comes to SPCAgreste, the event was classified by the students as being fundamental to share and take the lid off research opportunities, as well as democratize the access to this information and integrate the NFD courses. Lastly, an optative discipline with a CURE approach was proposed, in which the students would investigate the regioselectivity of the first step of the hydroformylation reaction. Thus, the teaching practices developed with basis on a research setting are fundamental because they invoke the dialogism teaching-research foreseen in the legislation and that allows the university to perform its role as a formative institution.

Palavras-chave: Course-based Undergraduate Research Experiences. CURE. Teacher Education. Scientific Research. Research in the Higher Education.

AGRADECIMENTOS

À Profa. Dra. Roberta Dias, por ter sido minha mãe acadêmica e afetuosa amiga desde os períodos iniciais do curso, se fazendo presente em todas as minhas experiências formativas na graduação, inclusive neste Trabalho de Conclusão de Curso. Obrigado por ter acreditado – e me fazer acreditar – no meu potencial e por ter me dado tantas oportunidades ao longo desses 5 anos. Seus ensinamentos como orientadora, professora e amiga deixaram marcas profundas na minha formação e eu prometo levá-los em todas as etapas da minha vida acadêmica, onde quer que eu esteja. Você, para além de ser a minha maior referência profissional, também é uma referência pessoal.

Ao Prof. Dr. Júlio Cosme Santos da Silva, por ter, por diversas vezes e muito gentilmente, dedicado seu tempo para me orientar, junto com Roberta, em projetos de IC. Obrigado por tudo que me ensinou e por estar sempre tão acessível e disposto a ajudar.

À Profa. Dra. Flávia C. G. C. de Vasconcelos, por ter me ensinado, através das aulas simuladas nas disciplinas de Metodologia do Ensino de Química e das experiências de escrita científica, a ser um bom professor e pesquisador. Obrigado, em especial, pela amizade e por ter me incentivado, inúmeras vezes, dizendo: “o céu é o limite, Dani”.

Aos professores do curso de Química-Licenciatura e todos os professores pesquisadores que, gentilmente, aceitaram participar do I SPCAgreste, movidos pelo desejo genuíno de divulgar a ciência. Agradeço, também, à minha amiga e parceira na organização do SPCAgreste, Lucelma Pereira de Carvalho, pelo companheirismo nessa jornada acadêmica e pela amizade.

Às avaliadoras, Profa. Dra. Juliana Angeiras – quem esteve presente em importantes momentos formativos e, particularmente, considero uma referência pessoal e profissional – e Profa. Dra. Flávia Vasconcelos por terem aceitado participar da banca e pelas contribuições.

Aos meus familiares e, especialmente, minha mãe e irmã, Edite e Izabelly Cruz, que não cessaram de sonhar junto comigo em nenhuma etapa desta jornada e são meu combustível para buscar sonhos maiores e ousar alçar voar mais alto.

Ao meu amigo e irmão, Jean Gomes Turet, por sempre estar ao meu lado na realização de cada sonho, pelo incentivo e pela torcida. Obrigado por se fazer presente em todas as etapas da minha vida, inclusive na construção deste trabalho, e pelo apoio incondicional.

Aos demais colegas, amigos e pesquisadores que, direta ou indiretamente, me ajudaram ao longo da caminhada até aqui.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	14
2.1	OBJETIVO GERAL	14
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3	REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1	CONSIDERAÇÕES SOBRE O DESENVOLVIMENTO DE PESQUISAS NO ENSINO SUPERIOR	15
3.1.1	Entre concepções e considerações acerca da ciência e do conhecimento científico	15
3.1.2	A institucionalização da Universidade enquanto <i>lócus</i> da relação ensino-pesquisa no Brasil: um resgate histórico	18
3.1.3	Da LDB/96 ao PPC: os discursos consonantes sobre pesquisa científica na formação superior	25
3.1.4	<i>Course-Based Undergraduate Research Experiences</i> : fundamentos e considerações	28
3.1.5	Considerações sobre os aspectos avaliativos na abordagem CURE	37
3.1.6	A formação de professores e a dualidade ensino-pesquisa	39
3.2	FUNDAMENTOS ASSOCIADOS À QUÍMICA APLICADA	42
3.2.1	Reações catalíticas homogêneas: a hidroformilação de olefinas	42
3.2.2	A regioseletividade no ciclo catalítico da hidroformilação do propeno	44
3.2.3	Modelagem computacional: princípios e métodos	46
4	METODOLOGIA	55
4.1	O DIAGNÓSTICO DO CURSO DE QUÍMICA-LICENCIATURA	55
4.2	O I SEMINÁRIO DE PESQUISA CIENTÍFICA DO AGRESTE	56
4.3	A PROPOSTA CURE	58
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
5.1	O DESENVOLVIMENTO DE PESQUISAS CIENTÍFICAS NO CURSO DE QUÍMICA-LICENCIATURA DA UFPE/CA	60
5.1.1	Considerações gerais sobre a pesquisa científica	65
5.1.2	A importância da pesquisa científica para a carreira profissional	74
5.2	I SPCAGRESTE: DISCUTINDO O PESQUISAR, A PESQUISA E O PESQUISADOR	78

5.3	UMA PROPOSTA CURE PARA A UNIVERSIDADE ENSINO-PESQUISA	89
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	101
	REFERÊNCIAS	104
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO NO SEMESTRE 2018.1	113
	APÊNDICE B – FORMULÁRIO DE INSCRIÇÃO NO I SPCAGRESTE	115
	APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO APLICADO NO I SPCAGRESTE	116
	APÊNDICE D – PROGRAMA DO COMPONENTE CURRICULAR PROPOSTO	118

1. INTRODUÇÃO

Não é possível sair da condição de objeto (massa de manobra), sem formar consciência crítica desta situação e contestá-la com iniciativa própria, fazendo deste questionamento o caminho da mudança. Aí surge o sujeito, que o será tanto mais se, pela vida afora, andar sempre de olhos abertos, reconstruindo-se permanentemente pelo questionamento. Nesse horizonte, pesquisa e educação coincidem, ainda que, no todo, uma não possa reduzir-se à outra (DEMO, 2007, p. 8).

Do ponto de vista histórico, a institucionalização da pesquisa científica enquanto eixo central das instituições universitárias, no Brasil, foi fruto de uma série de processos de rupturas e continuidades, de modo que as perspectivas técnicas da formação superior sempre se sobrepuseram aos caracteres humanístico e, de maneira especial, o científico. Assim, a possibilidade de associar pesquisa e educação de forma integrada foi uma benesse recente no contexto brasileiro, pois foi somente com a Constituição Federal de 1988 que o texto legal garantiu a licitude do princípio da indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão.

A despeito desse princípio ter sido prontamente incorporado aos diversos documentos legais que regem as universidades brasileiras e os diversos cursos de graduação das mesmas, bem como aos discursos dos representantes dessas instituições, o mesmo não encontra aplicabilidade prática, de tal forma que seus efeitos não são sentidos no cotidiano universitário de forma integral, o que pode estar essencialmente associado ao lento processo histórico de compreensão da Universidade enquanto *lócus* no qual ocorrem práticas de natureza científica (BRIDI, 2015).

Atualmente, um dos papéis centrais da Universidade, reconhecido em vias legislativas, enquanto instituição formadora, é produzir conhecimentos e incentivar o desenvolvimento de pesquisas científicas (BRASIL, 1996). No entanto, há uma clara segregação entre ensino e pesquisa, de modo que ambos são percebidos e concebidos enquanto eixos individuais da formação superior, de tal forma que a relação dialógica, naturalmente presente nessas duas dimensões, é recorrentemente negligenciada.

Além desta, uma outra questão usualmente discutida está associada às oportunidades de desenvolver pesquisas, de modo que a literatura mostra que a maioria dos alunos da graduação tem apenas no Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) a oportunidade de realizar uma pesquisa científica real (PATRÍCIO *et al.*, 2011). Ademais, as bolsas dos Programas de Iniciação Científica (PIBIC) são limitadas e não contemplam a grande maioria dos estudantes, o que acaba por tornar a atividade de pesquisa científica, em algum nível, elitizada.

Assim, a participação estudantil em pesquisas científicas fica à mercê das políticas públicas e institucionais e dos critérios de seleção dos professores pesquisadores, atribuindo um certo grau de elitização à atividade científica e deixando lacunas na formação de um número considerável de estudantes. As políticas, em especial, são fundamentais para incentivar a atividade de pesquisa no ambiente acadêmico, pois o docente pesquisador só vai ser capaz de oferecer oportunidades e incentivar os estudantes se dispor de locais e equipamentos adequados para realizar suas pesquisas. De maneira geral, essa temática ainda é pouco discutida na literatura nacional, de modo que a maioria dos trabalhos publicados discutem sobre os benefícios de se desenvolver pesquisa na graduação para o estudante, para o professor e para a Universidade.

Atualmente, tem surgido um movimento, especificamente nos Estados Unidos da América (EUA), associado à possibilidade de engajar um maior número de estudantes no desenvolvimento científico através de práticas que relacionam o ensino à pesquisa (BANGERA; BROWNELL, 2014). As propostas CURE (*Course-based Undergraduate Research Experiences*) são amplamente adotadas no país norte-americano, contudo, ainda não encontraram espaço nas universidades brasileiras, possivelmente porque as perspectivas tradicionais de compreensão da ciência e do conhecimento científico ainda são bastante comuns, para além de o dialogismo ensino-pesquisa não ser compreendido de forma integral e, conseqüentemente, não ser colocado em prática.

Na proposta CURE, a sala de aula é transformada em um laboratório de pesquisas, onde um número grande de estudantes tem a oportunidade de desenvolver diversas atividades científicas reais. Em geral, as problemáticas científicas investigadas também possuem respostas desconhecidas para os professores, o que faz com que os mesmos também participem das atividades propostas, auxiliando os estudantes com a sua própria experiência de pesquisa e, portanto, atuando de forma efetiva no processo de ensino e aprendizagem.

Inicialmente, a abordagem CURE foi elaborada para o contexto específico das disciplinas experimentais de cursos da área de Ciências da Natureza. Essa abordagem oferece aos alunos um problema de pesquisa real, sem respostas conhecidas, de modo que os mesmos, atuando ativamente, deverão desenvolver suas premissas, hipóteses e analisar a problemática durante um período a ser definido pelo docente, podendo, inclusive, ter duração de um semestre inteiro. Na proposta CURE, os estudantes engajam em uma série de atividades inerentemente científicas, permitindo que habilidades e competências profissionalmente importantes sejam desenvolvidas (CORWIN; GRAHAM; DOLAN, 2015).

Contudo, neste trabalho, considera-se a proposta CURE de forma desvinculada de seu contexto original de elaboração, de modo que as definições conceituais da mesma não podem ser limitadas a um espaço ou área de formação específicos. Assim, torna-se prudente afirmar que as práticas científicas desenvolvidas na sala de aula, através da abordagem CURE, podem ocorrer em todas as disciplinas universitárias de todos os cursos de graduação, uma vez que a atividade científica não demanda quaisquer restrições e deve ser desenvolvida nas mais variadas áreas do conhecimento humano, de maneira que este trabalho considera esta extensão da abordagem como sendo um dos seus eixos centrais.

Neste contexto, a problemática central deste trabalho consiste em investigar o desenvolvimento de pesquisas científicas no curso de Química-Licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco – Campus do Agreste (UFPE/CA), exemplificando a proposição de uma abordagem CURE direcionada para o curso. Um curso de licenciatura foi escolhido por se entender que a formação e atuação docente também perpassam por práticas científicas, haja vista que o professor que se quer formar atualmente reflete e pesquisa sobre sua própria prática e, assim, habilidades adquiridas com o desenvolvimento de pesquisas, como capacidades analíticas e a criticidade, são de grande serventia. Além disto, entende-se, também, que um professor deve dispor de um vasto leque de conhecimentos sobre a disciplina que deverá ministrar, de modo que a pesquisa científica é, também, uma forma de se apropriar de conhecimentos historicamente construídos e produzir novos.

A partir da abordagem CURE, propõe-se, portanto, se investigar uma reação catalítica homogênea de interesse industrial acentuado: a hidroformilação de olefinas. Essa reação é responsável por produzir uma vasta gama de produtos industriais, como lubrificantes, detergentes, plastificantes, dentre outros. Na hidroformilação, um alqueno é convertido em aldeído ou cetona na presença de gás de síntese (CO e H_2) e de um catalisador organometálico, sendo os complexos de ródio do tipo $[\text{HRh}(\text{CO})_x(\text{P-P})_y]$, em que P-P é uma bifosfina, os mais utilizados nessa reação (KAMER; REEK; VAN LEEUWEN, 2005).

A hidroformilação é uma reação importante industrialmente por produzir, de forma seletiva, aldeídos lineares quando se utiliza uma olefina terminal e um complexo organometálico de ródio com ligantes bidentados e fosforados (fosfinas e fosfitos). Essa regioseletividade, na maioria das vezes, é atribuída aos efeitos estéricos dos ligantes volumosos (CARBÓ *et al.* 2001). Neste trabalho, portanto, a proposta de investigação no âmbito da abordagem CURE consiste no estudo computacional da regioseletividade da hidroformilação do propeno na etapa de coordenação e inserção da olefina, primeira etapa do ciclo catalítico dessa reação.

A problemática da hidroformilação foi escolhida pela familiaridade do pesquisador com a temática, uma vez que projetos de Iniciação Científica foram desenvolvidos pelo mesmo no Grupo de Química Computacional do Agreste (GQCA) e foram estudadas todas as etapas do ciclo catalítico da hidroformilação do propeno a fim de tecer conclusões sobre os efeitos da estrutura do catalisador na regioseletividade reacional e quantificar os resultados.

As metodologias computacionais foram escolhidas por serem mais eficientes no que diz respeito à descrição das etapas específicas no ciclo catalítico da hidroformilação, haja vista que há a possibilidade de analisar, do ponto de vista submicroscópico e com base em uma modelagem da mecânica quântica, todas as estruturas moleculares que compõem o ciclo catalítico. Na literatura, essas metodologias têm sido fundamentais no estudo de diversos processos catalíticos homogêneos, especificamente devido à possibilidade de se obter dados que, do ponto de vista da experimentação tradicional de bancada, são de difícil – ou improvável – obtenção, a depender do sistema químico que se investiga.

Por fim, acredita-se que o desenvolvimento de abordagens que relacionem ensino e pesquisa de forma dialógica, como as propostas CURE, é essencial para fazer com que as universidades brasileiras exerçam seu papel legislativo enquanto instituições sede da relação ensino-pesquisa, para além de potencializar uma possível democratização com relação ao acesso à atividade de pesquisa na graduação. As salas de aula, nestas novas perspectivas, também são espaços de construção de conhecimentos científicos, ao passo que os professores e alunos são agentes ativos deste processo colaborativo que (re)constrói os diversos saberes humanos.

2. OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Analisar os principais temas associados à realização de pesquisa científica no curso de Química-Licenciatura, propondo as abordagens CURE como precursoras do processo de ensino e aprendizagem através da pesquisa.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar os principais tópicos associados ao desenvolvimento de pesquisas científicas no curso de Química-Licenciatura da UFPE/CA;
- Verificar quais são as principais contribuições da realização do I Seminário de Pesquisa do Agreste (I SPCAgreste) no que diz respeito ao desenvolvimento de pesquisas científicas nos cursos do Núcleo de Formação Docente (NFD) da UFPE/CA;
- Estruturar e propor a aplicação de uma abordagem CURE associada à regioselectividade na reação de hidroformilação de olefinas mediada por compostos organometálicos, a fim de exemplificar como a proposta CURE pode ser planejada e executada em um ambiente universitário

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção, são abordados os principais tópicos que fundamentam e justificam a execução deste trabalho, de modo que está dividida em duas subseções: na primeira, são apresentadas algumas discussões diversas acerca do desenvolvimento de pesquisas científicas nas universidades brasileiras, ao passo que, na segunda, os elementos associados à Química Aplicada, os quais são considerados essenciais para fundamentar o que esta pesquisa propõe, são abordados.

CONSIDERAÇÕES SOBRE O DESENVOLVIMENTO DE PESQUISAS NO ENSINO SUPERIOR

Nesta subseção, os diversos aspectos relacionados ao desenvolvimento de pesquisa científica na formação superior serão abordados, perpassando pela historiografia brasileira com relação aos diversos movimentos, a nível nacional, que institucionalizaram a Universidade como sede da relação dialógica ensino-pesquisa, bem como pelos discursos da legislação que fundamentam e normatizam a atuação das universidades no sentido de garantir sua plena atividade de pesquisa, o que, como será visto, é replicado nos documentos oficiais que regem os diversos cursos e as instituições brasileiras.

Além disto, os eixos teóricos que norteiam a proposta CURE são apresentados, defendendo a eficácia de metodologias de ensino que se desenvolvem com base nas atividades de pesquisa, bem como são problematizados os aspectos avaliativos que dizem respeito a propostas desta natureza. A formação de professores, considerando o contexto deste estudo, também é relevante, uma vez que o docente que se quer graduar deve estar preparado para atuar em metodologias e abordagens que centralizem o aluno no processo de ensino e aprendizagem, atendendo, assim, as demandas da contemporaneidade.

3.1.1. Entre concepções e considerações acerca da ciência e do conhecimento científico

A construção do conhecimento humano é naturalmente baseada nas experiências sensoriais entre ser humano e meio ambiente. Trata-se, portanto, de uma interpretação particular acerca da natureza e de todos os seus processos e fenômenos (HOSOUME; OLIVEIRA, 2012). O conhecimento advindo da experiência pode, assim, ter um caráter menos racionalizado, mais inconsciente e baseado em uma interpretação muito particular, classificado como senso comum,

ou mais rigoroso, generalizável e passível de comprovação, classificado como conhecimento científico. Sendo construções humanas, estes conhecimentos são profundamente influenciados por pressões sociais, políticas e econômicas (PEREIRA, 1995).

O conhecimento científico, para além das características supracitadas, pode ter sua veracidade comprovada por meio de experimentos e testes diversos, o que induz à necessidade de rigor metodológico (MARCONI; LAKATOS, 2005). Os resultados obtidos em uma pesquisa, em geral, devem ser passíveis de reprodução, o que, novamente, retoma à necessidade de aplicar uma metodologia rigorosa a fim de que o conhecimento obtido seja confiável.

A compreensão sobre o conhecimento científico sempre perpassa, espontaneamente, pelos estudos associados à Natureza da Ciência (NdC), que dizem respeito a um conjunto de saberes acerca das bases epistemológicas, filosóficas, históricas e culturais da ciência, de modo que compreender sua natureza implica, necessariamente, no conhecimento acerca de como ela é feita, bem como seu complexo de interinfluências (MOURA, 2014).

Algumas visões sobre a NdC foram classificadas, por Pérez *et al.* (2001), como distorcidas, sendo elas: a visão empírico-indutivista, na qual observação e experiência são neutras, não sendo afetadas por teorias pré-existentes; a visão rígida, na qual o controle rigoroso promove resultados considerados inquestionáveis; a visão aproblemática e ahistórica, a qual dissocia o contexto histórico de produção do conhecimento científico enquanto produto; a visão individualista e elitista, na qual o trabalho coletivo é desprezado e o conhecimento só pode ser obtido por grupos específicos; e a visão socialmente neutra, de modo que ciência e cientista são considerados como neutros e, portanto, não são influenciados por aspectos sociais.

É possível ponderar que a maioria das perspectivas deturpadas de compreensão do conhecimento científico, citadas anteriormente, é decorrente da linha positivista de pensamento, fundamentada nas ideias de Augusto Comte (1798-1857) (KOSMINSKY; GIORDAN, 2002); estas percepções são, na maioria das vezes, referidas como tradicionalistas na literatura. O positivismo consolidou-se no século XIX, defendendo a substituição da especulação racional da filosofia pelos dados positivos da ciência, de modo que uma concepção do real passou a ser dominante em oposição às perspectivas metafísicas da filosofia da época (RAMOS; NEVES; CORAZZA, 2011).

O positivismo, de modo geral, desconsiderando suas vertentes e características particulares das mesmas, foi responsável por consubstanciar a tendência de considerar fatos empíricos como base única para o verdadeiro conhecimento, para além de instaurar a fé na racionalidade científica como solução de todos os problemas da humanidade e causar a

percepção da própria ciência como um produto de um processo linear e cumulativo de obtenção de conhecimentos (RAMOS; NEVES; CORAZZA, 2011).

As críticas iniciais do positivismo, em geral, são atribuídas a dois grandes pensadores de linhas racionalistas distintas: Gaston Bachelard (1884-1962) e Karl Popper (1902-1994). Para Bachelard, o conhecimento científico é estruturado por experiência e reflexão, de modo que a realização de experimentos é sempre precedida por uma elaboração intelectual, sendo que uma das maiores contribuições deste pensador para o Ensino de Ciências é a ideia de obstáculos epistemológico (CHALMERS, 1993; KOMINSKY; GIORDAN, 2002; BORGES, 2007; SANTOS; OLIOSI, 2013).

Por outro lado, Popper, considerando as ideias refutacionistas, propôs o falseacionismo como mecanismo através do qual se dá o desenvolvimento científico (KOMINSKY; GIORDAN, 2002). Para o pensador, portanto, uma teoria seria tão melhor quanto maior fosse o número de vezes que houvesse sido, sem sucesso, posta à prova, o que indica que, nesta linha, será científico todo o conhecimento passível de testes e refutação, de maneira que o desenvolvimento da ciência ocorreria a partir do falseamento de afirmativas outrora consideradas verdadeiras (KOMINSKY; GIORDAN, 2002).

Outros pensadores, como Imre Lakatos (1922-1974) e Thomas Kuhn (1922-1996), também contribuíram com a discussão sobre o conhecimento científico e o desenvolvimento da ciência, de modo que Lakatos pondera que os cientistas evitam ao máximo rejeitar uma teoria, isto é, quando resultados empíricos não podem ser explicados pelos modelos propostos, os cientistas não abandonam prontamente o modelo, mas tentam adaptá-lo para ser capaz de justificar as novas descobertas, ao passo que Kuhn defende a existência de uma série de profundas rupturas necessárias para o desenvolvimento científico (KOMINSKY; GIORDAN, 2002).

Para Habermas (2006), existem, em linhas gerais, três grandes abordagens científicas: a empírico-analista, a histórico-hermenêutica e a crítica. Na abordagem empírico-analista, a regra, a experimentação e a observação controlada a fim de testar hipóteses são os maiores fundamentos, de modo que o interesse técnico pelo conhecimento e o interesse de controle da natureza e da sociedade são características marcantes. Na abordagem histórico-hermenêutica, considera-se que o homem possui grande importância, uma vez que o mesmo é uma espécie de intérprete do mundo e os modelos científicos são advindos de suas interpretações e leituras acerca dos fenômenos. No que concerne à abordagem crítica, já há a consideração de que a ciência é um produto humano e, portanto, é influenciada por questões sociais, políticas,

econômicas e culturais, de modo que a ideia de neutralidade no conhecimento científico não é aceita (HABERMAS, 2006).

Em linhas gerais, a interação dos seres humanos com a natureza e a conseqüente necessidade de teorizar acerca da mesma, conhecendo seus fenômenos e processos, culminou nas mais modernas e atuais formas de não somente criar conhecimento científico, mas também de divulgá-lo, de modo que a ciência, atualmente, é tida como principal fonte de informações seguras e confiáveis. O espaço de criação do conhecimento científico, ao longo dos anos, tem sido as universidades, de maneira que, no contexto deste trabalho, cabe a reflexão acerca de como, no Brasil, as universidades tornaram-se estes espaços centrais de produção científica, o que deverá permitir com que a atual conjuntura da ciência no Brasil seja avaliada e compreendida sob um ponto de vista econômico-histórico-social.

3.1.2. A institucionalização da Universidade enquanto lócus da relação ensino-pesquisa no Brasil: um resgate histórico

O Ensino Superior, no contexto brasileiro, foi configurado, com o passar dos anos, à maneira napoleônica e, assim, o foco maior estava – e ainda está, em certo sentido – voltado para as perspectivas da formação profissional, tal que os caracteres científico e humanístico eram recorrentemente subjugados, o que é evidenciado pela dificuldade das instituições universitárias atuais em estabelecer a associação, prevista nos documentos oficiais que as regem, entre ensino e pesquisa (BRIDI, 2015).

Ao longo da história, tanto a compreensão acerca do conceito de formação superior quanto as instituições universitárias passaram por uma série de mudanças evolutivas. Contudo, estas mudanças não foram capazes, em nenhum momento histórico, de satisfazer as exigências sociais que fundamentaram as demandas populares (MORHY, 2003), de modo que a insatisfação e a descrença com relação ao nível superior de ensino foram, por certo, influenciadas por estes aspectos.

É comum, na literatura, haver a consideração de que o surgimento das universidades, no Brasil, só ocorreu no início do século XX. Entretanto, Barreto e Filgueiras (2007) consideram que esta é uma meia verdade, uma vez que, de fato, a utilização da palavra *universidade* para designar um conjunto de escolas superiores só passou a ser utilizado nessa época. Contudo, os autores sugerem que as primeiras instituições universitárias foram construídas sob o véu de uma vasta tradição de ensino superior, de modo que foram precedidas por escolas e academias

notáveis em determinados aspectos; algumas dessas instituições, inclusive, datavam do período colonial (BARRETOS; FILGUEIRAS, 2007).

No Brasil Colônia, a história da criação de instituições universitárias revela, a princípio, uma grande resistência por parte de portugueses e brasileiros. Para Portugal, a resistência era um claro reflexo de sua política de colonização, ao passo que os brasileiros não enxergavam uma justificativa plausível que fundamentasse a criação dessas instituições, acreditando que as elites da época deveriam, caso interessados na formação superior, desenvolver seus estudos na Europa (FÁVERO, 2006). De fato, os brasileiros que dispunham de mais recursos e, portanto, faziam parte da elite da época, prosseguiram seus estudos na Europa, essencialmente em Portugal; do início da colonização até os anos de 1800, estima-se que 2122 brasileiros foram estudar na Universidade de Coimbra (BARRETO; FILGUEIRAS, 2007).

A resistência de Portugal com relação à institucionalização de universidades no Brasil pode ser descrita em termos das diversas tentativas dos jesuítas, os quais fundaram o primeiro curso de Filosofia no Brasil em 1572, de transformar instituições brasileiras, reconhecidas por conceder títulos de licenciaturas e bacharelados, em universidades (BARRETO; FILGUEIRAS, 2007). Todas as petições, no entanto, eram prontamente negadas pelos consultores portugueses, a despeito dos esforços e da credibilidade dos jesuítas no que diz respeito ao ensino (LUCKESI *et al.*, 2012).

Em geral, para Paim (1981), dois aspectos centrais da época colonial marcaram e justificam a posição que a cultura brasileira adotou com relação à Universidade: a reforma pombalina da Universidade de Coimbra, em 1772, cujo modelo imigrou para o contexto do Brasil, e a forma de organização do ensino superior brasileiro com a chegada da corte portuguesa no Rio de Janeiro. Em concordância, Barreto e Filgueiras (2007) reafirmam que a instituição lusitana supracitada tem uma relação estreita com a história da criação das universidades brasileiras e, assim, é essencial conhecer sua origem e funcionamento. Os autores indicam, também, que a referida instituição foi fundada em 1288 a partir de uma carta enviada ao papa Nicolau IV.

Apesar de as outras universidades medievais da Europa terem sofrido consideráveis mudanças em virtude da Revolução Científica, a Universidade de Coimbra manteve seu caráter conservador e medieval até a reforma empreendida pelo Marquês de Pombal (BARRETO; FILGUEIRAS, 2007). Com a reforma pombalina, o ensino universitário subdividiu-se em Ciências Teológicas e Ciências Naturais e Filosóficas, de modo que o mesmo estava voltado diretamente para a aplicação, no sentido de que o conhecimento científico estava completamente submisso às necessidades da produção material, isto é, a preocupação estava

centrada na formação técnica (PAIM, 1981) e, desta forma, a institucionalização da Universidade enquanto espaço voltado para o desenvolvimento de atividades científicas era um ponto marginal e essencialmente subjugado nas pautas dos reformadores.

Com a transmigração da corte portuguesa para o Brasil, foram criados o Curso Médico de Cirurgia da Bahia (Decreto de 18 de fevereiro de 1808) e, no mesmo ano, instituída uma Escola Anatômica, Cirúrgica e Médica em um hospital militar do Rio de Janeiro (FÁVERO, 2006). Atualmente, essas instituições de formação constituem as matrizes das atuais Faculdades de Medicina da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e da Universidade Federal da Bahia (UFBA). A criação dessas instituições para a formação de médicos ocorreu em virtude da carência de cursos com esse viés de formação, aspecto que foi notado pelos colonizadores portugueses e que serviu como motivação para a criação das referidas instituições (BARRETO; FILGUEIRAS, 2007).

Além dessas, a corte também criou a Academia da Marinha (1808) e a Academia Real Militar (1810) para a atuação na defesa militar, bem como foram organizados cursos de Agricultura (1812) e Química (1817) para suprir as demandas econômicas (PAIM, 1981). Além disto, criaram-se cursos de natureza jurídica em 1827 e 1828 em São Paulo e no Mosteiro de São Bento, em Olinda, Pernambuco (FÁVERO, 2006). Pode-se concluir, portanto, sobre o período colonial, que a reforma pombalina influenciou diretamente na compreensão das instituições universitárias enquanto espaços de formação técnica, sem menção ao desenvolvimento científico – discussão presente na Europa no mesmo período – ao passo que começaram a ser desenvolvidas, com a chegada da corte portuguesa no Brasil, mais escolas de educação técnico-superior, para além das que foram fundadas pelos jesuítas, cuja institucionalização enquanto universidades foi repetidamente renegada pelos portugueses.

A passagem do Brasil colônia para o Império foi marcada por uma série de reivindicações favoráveis à independência e à abolição da escravatura. Em uma assembleia constituinte, em 1823, foram iniciados os debates voltados para a necessidade de criação de uma universidade no Brasil (BARRETO; FILGUEIRAS, 2007). A nova elite dirigente do país, no entanto, fez prevalecer o sistema de manter várias faculdades isoladas visando à formação profissional e, deste modo, “[...] a ideia de universidade, que poderia eventualmente ser associada a outra forma de entendimento tanto da filosofia como da ciência, foi arquivada por largos decênios” (PAIM, 1981, p. 13).

Diversas outras tentativas de institucionalizar oficialmente escolas de Educação Superior, durante o período imperial, foram realizadas. No entanto, o interesse que vez ou outra era dedicado à criação dessas instituições estava sempre voltado para os evidentes objetivos

centralizadores do Governo Geral (PAIM, 1981), os quais sempre remetiam à ideia de controle governamental e hegemonia dessas instituições, bem como da utilização das universidades enquanto subterfúgios pelos quais esta lógica deveria ser legitimada e perpetuada no seio da sociedade.

Após longos anos de discussão, o projeto do Barão Homem de Melo, de 1881, decidiu fundar a Universidade Pedro II, também conhecida como Universidade da Corte. A construção do primeiro prédio dessa instituição, no entanto, foi paralisada pela falta de verbas governamentais e, principalmente, pela oposição positivista, de modo que foi retomada e, somente em 1908, com a proclamação da república, a obra foi finalizada; o prédio, contudo, acabou tomando rumos bastante diferentes do que havia sido preconizado inicialmente (BARRETO; FILGUEIRAS, 2007).

Para além da construção da Universidade da Corte, a oposição positivista é considerada responsável por adiar os debates sobre a criação de quaisquer universidades no final do império e nos decênios iniciais da república, uma vez que as ideias de que a grandeza nacional exigia uma série de reformulações no ensino, mas que as instituições universitárias não eram capazes de promover tais reformas, eram predominantes; acreditava-se, neste sentido, que somente a partir da criação de um estado positivista seria possível regular o ensino e que, até que a filosofia positivista fosse instaurada, o Estado deveria permanecer desprezando toda e qualquer ação que objetivasse instaurar um sistema completo de educação (PAIM, 1981).

A caminhada e a luta pela institucionalização das universidades brasileiras enquanto *locus* da relação ensino-pesquisa, buscando superar a perspectiva dominante da formação tecnicista, se inicia, de fato, no período republicano da historiografia brasileira. A história mostra uma certa paralisação das reflexões sobre pesquisa no Brasil até a década de 1920, não obstante a criação de algumas universidades e de leis que versam sobre o liberalismo no ensino (lei Rivadávia, por exemplo). Porém, é justamente em função desta e de outras paralisações históricas que se considera que o processo de estabelecimento da pesquisa científica, no Brasil, é repleto de continuidades e rupturas (BRIDI, 2015).

A partir de 1920, um movimento de entusiasmo iniciava-se no Brasil, de modo que havia uma recorrente reflexão e crescente preocupação com a educação brasileira, vislumbrada pelas perspectivas associadas à formação de um “novo homem” e uma nova perspectiva de organização social, a qual era defendida por Anísio Teixeira (BERTOLLETI; AZEVEDO, 2010), um dos principais nomes desta nova era de mudanças. O fato é que, na segunda metade da década de 20, parcela significativa da elite brasileira extrapolava o papel da Universidade enquanto instituição superior de formação profissional, concebendo-a como uma instituição

responsável pelo desenvolvimento do saber desinteressado (PAIM, 1981), de modo que é neste contexto que se começa a refletir acerca dos principais papéis dessa instituição na sociedade.

Na década de 1930, no contexto da centralização das atividades estatais, o governo provisório de Getúlio Vargas fundou o Ministério da Educação, incorporando Francisco Campos como membro titular deste novo órgão estatal, o qual iria, a partir de 1931, elaborar e implementar uma série de reformas no ensino brasileiro (FÁVERO, 2006). A Reforma Campos, embora tenha sido mais focalizada no nível secundário, também respaldou o Ensino Superior (PAIM, 1981). Contudo, neste último, Francisco Campos não aderiu ao ideal de universidade defendido na década anterior, porém, argumentava que não poderia haver conservação dos moldes tradicionais, o que é efetivamente um avanço na construção e na discussão acerca de uma nova ideia de universidade (PAIM, 1981).

Na Reforma Campos, uma questão que ficou em aberto foi a garantia da plena autonomia universitária. Houve, no entanto, apesar da tendência de centralização em virtude da política autoritária adotada na Era Vargas, importantes iniciativas com relação à Educação Superior, como a criação da Universidade de São Paulo (USP), em 1934 e da Universidade do Distrito Federal (UDF), em 1935 (FÁVERO, 2006).

A criação da USP teve, como um dos idealizadores, Fernando de Azevedo, o qual defendia o cultivo e manutenção de um saber livre e desinteressado nas universidades (DE PAULA, 2002). Com relação à UDF, o principal idealizador da mesma, Anísio Teixeira, acreditava que deveria ser possível desenvolver, no Brasil, a despeito do atraso cultural associado à história tardia de desenvolvimento no país, o espírito científico de pesquisa e que as universidades deveriam ser as instituições onde esse espírito deveria ser preservado e cultivado (BERTOLLETI; AZEVEDO, 2010).

No início de 1945, com o fim do Estado Novo e a redemocratização do Brasil, no contexto da reflexão causada pelo regime autoritário vigente até então, o presidente José Linhares sancionou o Decreto-Lei nº 8.393, o qual concedia autonomia administrativa, didática, financeira e disciplinar à Universidade do Brasil; não houve, contudo, implementação desta autonomia e, muitas vezes, a mesma não passava de uma ilusão (FÁVERO, 2006).

É com o desenvolvimento do país devido à industrialização e ao crescimento econômico que, a partir da década de 1950, começa a surgir uma consciência coletiva com relação à precariedade na qual se encontravam as universidades brasileiras, de modo que essa discussão tomou consistência e abrangência através da tramitação do projeto de Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, o qual era cerceado pelas discussões que perpassavam pelo ensino público e privado, tal que a extensão do debate transcendia o espaço acadêmico e unia novas

vozes da sociedade (FÁVERO, 2006). Esse período é associado, de acordo com Buarque (1994), ao comprometimento da universidade enquanto instituição que compactua com “a defesa da democracia e com a construção da sociedade tecnologicamente moderna [...]” (p. 103).

Estas perspectivas foram reafirmadas com o Decreto nº 62.937, de 02 de julho de 1968, o qual foi diretamente influenciado por mobilizações estudantis e vislumbrou determinar um Grupo de Trabalho (GT) cujo objetivo era estudar todas as medidas e estratégias a fim de promover a Reforma Universitária e, deste modo, resolver a crise (FÁVERO, 2006). É a partir desta reforma de 68 que a concepção norte-americana de universidade se torna difundida no Brasil, de modo que as instituições brasileiras começam a incorporar a associação entre ensino, pesquisa e prestação de serviços, na perspectiva de que as mesmas sirvam tanto às necessidades da sociedade e do Estado quanto às demandas produtivas do capital (DE PAULA, 2002).

Essa perspectiva norte-americana de universidade, amplamente difundida a partir da Reforma Universitária, em suma, causava uma orientação do fomento para pesquisas em um sentido menos ofertista, a fim de contemplar as demandas empresariais e, assim, fortalecer o laço acadêmico-mercantil, financiando tecnologias e projetos de colaboração (GUIMARÃES, 2002). Deste modo, a produção do saber desinteressado, antes cogitado como função primeira das instituições de Ensino Superior, torna-se marginalizada face às atribuições do Estado enquanto mero reproduzidor dos interesses do capital.

As principais medidas propostas no relatório final do grupo de trabalho foram o sistema departamental, o vestibular unificado, o sistema de créditos, a matrícula por disciplinas e o ciclo básico (FÁVERO, 2006). A Reforma Universitária ocorreu durante o segundo governo militar e, a despeito de sua natureza centralizadora, antidemocrática e autoritária, instituiu inovações consideradas importantes (MACEDO *et al.*, 2005).

A reforma, através da lei nº 5.540 de 28 de novembro de 1968, começa a reconhecer a universidade enquanto instituição que tem, por finalidade, a produção de conhecimento científico, uma vez que, através do artigo primeiro, menciona que o objetivo do Ensino Superior é “a pesquisa, o desenvolvimento das ciências e, excepcionalmente, letras e artes e a formação de profissionais de nível universitário (BRASIL, 1968).

Neste contexto, de fato, na primeira fase de desenvolvimento, durante a década de 1970, as instituições universitárias vivenciaram um importante crescimento, de modo que elas se tornaram responsáveis pelo desenvolvimento das atividades nacionais de pesquisa (MACEDO *et al.*, 2005). Da Reforma Universitária até a década de 1980, Buarque (1994) considera que a universidade, para além dos avanços anteriormente mencionados, foi capaz de construir uma

certa dinamicidade no país, ao passo em que analisou, denunciou, lutou e resistiu à ditadura militar.

As medidas tomadas durante a ditadura civil-militar, na reforma de 1968, causaram mudanças consideráveis nas universidades brasileiras, de modo que buscaram, essencialmente,

[...] responder aos anseios da juventude insatisfeita com os rumos da universidade (ressignificando a agenda estudantil) e, ao mesmo tempo, objetivaram destruir ativamente o movimento estudantil referenciado na UNE [União Nacional dos Estudantes] (LEHER, 2013, p. 308).

Nesta perspectiva, durante este período fundamental para o desenvolvimento das universidades brasileiras, é prudente ponderar que, de forma subjacente ao movimento de atendimento às demandas estudantis, houve, também, um estreitamento no que concerne à própria função social dessas instituições, as quais deveriam atender, em especial, às demandas do capital, do Estado e dos governos (LEHER, 2013). Assim, os interesses centrais do governo militar eram obscurecidos pelos aparentes avanços da Educação Superior, os quais foram facilitados, em certo grau, pelo próprio contexto da época, até que o grande movimento de privatização fez os números se inverterm consideravelmente (SGUISSARDI, 2008).

A segunda fase de grande desenvolvimento das universidades, a partir de 1995, ocorreu em virtude da Constituição de 1988, a qual efetivamente promoveu a autonomia universitária e propiciou a institucionalização do princípio da indissociabilidade ensino-pesquisa-extensão, e da LDB/96, que, por sua vez, através do reconhecimento de diversos tipos de instituições de ensino superior (centros universitários, faculdades integradas, dentre outros), possibilitou uma efetiva diversificação no sistema vigente, para além de viabilizar a criação de um sistema nacional de avaliação (MACEDO *et al.*, 2005).

O modelo de expansão da Educação Superior, ainda presente na atualidade, pode ser interpretado através da hipótese de que o predomínio dos interesses privados/mercantis, ou uma ideia de mercantilização das instituições universitárias, dificulta a regulação pública do estado, o que tem impactos severos na formação universitária (SGUISSARDI, 2008). Assim, o que se tem hoje, quando se analisa o contexto histórico, é um sistema de Educação Superior naturalmente frágil, de modo que há, antagonicamente, poucas instituições públicas com financiamento para fins de desenvolvimento científico, e muitas instituições públicas e privadas que não dispõem de recursos humanos e financeiros (BRIDI, 2015).

Deste modo, a análise histórica da institucionalização das universidades enquanto *locus* da relação ensino-pesquisa mostra que, de fato, o Ensino Superior brasileiro foi construído de

forma lenta, tardia e repleta de continuidades e descontinuidades, de modo que uma das principais funções sociais das instituições universitárias, a pesquisa, ainda se encontra, nos dias atuais, pouco presente na formação acadêmica. A própria legislação que normaliza a Educação Superior (LDB/96), fundamentada no texto constitucional de 1988, o qual prevê a indissociabilidade ensino-pesquisa-extensão, tem gerado pouco ou nenhum efeito no cotidiano universitário e nas práticas educacionais (MACEDO *et al.*, 2005), a despeito de o discurso dessa indissociabilidade encontrar-se formalmente incluído e protocolado nos documentos básicos que regem uma ampla gama de universidades e cursos de graduação.

3.1.3. Da LDB/96 ao PPC: os discursos consonantes sobre pesquisa científica na formação superior

Os discursos dos representantes das diversas universidades públicas, no Brasil, versam sempre no sentido de garantir que haja, na prática, uma associação entre ensino, pesquisa e extensão. Essa retórica é recorrente em virtude da inclusão do princípio da indissociabilidade no texto constitucional, através da Constituição de 1988, o qual foi “rapidamente incorporado aos estatutos e regimentos das instituições de ensino superior” (MACEDO *et al.*, 2005, p. 137), a despeito de não ter sido propriamente reiterado pela LDB/96.

O princípio da indissociabilidade ensino-pesquisa-extensão pode ter sua origem associada à necessidade de responder aos anseios da população por uma Universidade mais ativa do ponto de vista social, promovendo a construção de conhecimentos, através da ciência, que estejam sintonizados e respondam às necessidades coletivas (GONÇALVES, 2015). Portanto, trata-se de uma nova perspectiva de compreender a Universidade enquanto um espaço no qual há uma participação ativa de todos os segmentos sociais; a Universidade, neste sentido, é feita pela e para a sociedade.

Deste modo, pode-se considerar que a incorporação do princípio da indissociabilidade na constituição representa um avanço no que concerne ao compromisso da Universidade enquanto instituição que está a serviço da sociedade, uma vez que a mesma não consegue exercer esse papel caso seja incapaz de dialogar com as necessidades sociais, o que é feito, de forma efetiva, a partir do ensino, da pesquisa e da extensão desenvolvidas de forma contextualizada (MAGALHÃES, 2007).

Por outro lado, a despeito do formalismo legislativo, o princípio, em geral, não é aplicado em sua inteireza. As diversas interpretações errôneas do mesmo, pelas instituições, pelos órgãos de fomento e pela própria organização histórica das universidades brasileiras, a

qual foi discutida na seção anterior, são responsáveis pela não aplicação do princípio no cotidiano universitário, de modo que a universidade deixa a desejar, especialmente, na formação dos estudantes (MACEDO *et al.*, 2005; MAGALHÃES, 2007).

É necessário compreender, portanto, que o termo indissociabilidade diz respeito, no sentido literal, à impossibilidade de compreender ensino, pesquisa e extensão enquanto entes individuais e, conseqüentemente, menosprezar a relação dialógica que eles devem estabelecer. Além disto, sabe-se, ainda, que a própria dualidade entre somente dois desses elementos também configura uma perda considerável; a dualidade ensino-pesquisa, por exemplo, permite conquistar novos terrenos em frentes tecnológicas, mas sob a possibilidade de “perder a compreensão ético-político-social conferida quando se pensa no destinatário final desse saber científico” (MOITA; ANDRADE, 2009, p. 269). Por outro lado, acredita-se que, para que se possa dialogar com a sociedade através da extensão, se faz necessário, à priori, modificar a prática universitária no que diz respeito à pesquisa e à sua relação com a sala de aula.

Neste sentido, para a LDB/96, as principais finalidades do Ensino Superior (BRASIL, 1996), associadas às atividades de pesquisa científica, são:

- 1) Estimular a criação cultural e desenvolvimento do ensino científico e do pensamento reflexivo;
- 2) Incentivar o trabalho de pesquisa e investigação científica, visando ao desenvolvimento da ciência e da tecnologia e da criação e difusão da cultura e, desse modo, desenvolver o entendimento do homem e do meio em que vive;
- 3) Promover a divulgação de conhecimentos culturais, científicos e técnicos que constituem patrimônio da humanidade e comunicar o saber através do ensino, de publicações ou de outras formas de comunicação;

Os incisos que dissertam sobre a pesquisa, na LDB/96, reconhecem a importância dessa atividade na formação integral dos estudantes. A lei, portanto, reforça que a Universidade tem, como função central, a incumbência de promover uma formação autônoma e crítica, de modo que os cursos de graduação precisam elaborar um projeto pedagógico que articule-se diretamente com a formação de novos pesquisadores a fim de que o caráter conservador, reprodutor ou informativo não seja dominante na prática universitária (BRIDI; PEREIRA, 2004).

Os discursos acerca da importância da pesquisa científica na formação também foram incorporados, como já mencionado, nos documentos específicos das instituições e nos projetos políticos que regem os cursos de graduação. Quando se analisa, por exemplo, o PPC do curso

de Química-Licenciatura da UFPE/CA, sede desta pesquisa, percebe-se que a principal justificativa de implementação e interiorização do curso é

[...] ampliar a possibilidade de desenvolvimento de projetos de pesquisa e de extensão direcionados para as problemáticas educacionais que assolam a mesorregião do Agreste de Pernambuco e fomentar a integração de profissionais da educação qualificados para a educação básica das ciências exatas nesta região onde se verifica uma grande demanda destes profissionais (UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO, 2013, p. 12).

Deste modo, a justificativa central para a implementação de um curso desta natureza, conforme supracitado, está associada à necessidade de desenvolver pesquisas científicas na perspectiva de beneficiar a comunidade. Contudo, as universidades, de modo geral, não são capazes de cumprir seus papéis enquanto instituições sede da relação ensino-pesquisa, o que é potencialmente prejudicial no que tange à formação dos universitários (BRIDI; PEREIRA, 2004; MASSI, 2008).

As principais políticas que possibilitam o acesso à pesquisa, durante a graduação, os programas de Iniciação Científica (IC), são pouco abrangentes e não são capazes de contemplar a grande maioria do corpo discente (MASSI, 2008), de modo que a maior parte dos estudantes tem apenas no Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) a possibilidade de realizar uma pesquisa científica real (PATRICIO *et al.*, 2011). É esta a situação atual da pesquisa na formação superior quando a mesma é considerada como uma atividade isolada; quando se considera a necessidade legal de desenvolver atividades com o viés da indissociabilidade ensino-pesquisa-extensão, o cenário torna-se ainda mais caótico, uma vez que as universidades, historicamente, não têm sido capazes de desenvolver suas práticas com base neste princípio.

Neste sentido, cabe refletir que a própria configuração organizacional da universidade e das políticas que a regem acaba por tornar a atividade de pesquisa, para além de extremamente competitiva, consideravelmente elitizada. Este mesmo aspecto é discutido por Bangera e Brownell (2014) no contexto das universidades norte-americanas. As autoras consideram que a baixa quantidade de vagas e as formas através das quais os alunos são selecionados para experiências de pesquisa podem, de alguma maneira, perpetuar desigualdades na comunidade científica.

Portanto, torna-se consideravelmente necessário discutir sobre estratégias ou metodologias de ensino que se concretizem através da pesquisa (MAGALHÃES, 2007; BANGERA; BROWNELL, 2014). Esta nova forma de conceber a atividade de pesquisa no Ensino Superior, para além de democratizar o acesso à mesma, atribui um significado distinto

do tradicionalismo com o qual é comum se conceber a própria ciência, de modo que o foco maior está associado ao processo de atribuição de significados aos conhecimentos científicos e aos contextos de produção dos mesmos (MORATO, 2005), e não ao produto desses conhecimentos. Neste sentido, a posição de figurante é desocupada pelo estudante e ele se torna, portanto, protagonista do seu próprio processo de aprendizagem e da (re)construção dos saberes científicos.

Para ser possível desenvolver *práxis* pedagógicas desta natureza, se faz necessário, inicialmente, repensar os papéis e as formas de atuação dos docentes no processo de ensino e aprendizagem. Articulados aos novos paradigmas que centralizam o estudante enquanto agente ativo na construção de conhecimentos, é essencial que os docentes apartem-se de suas atitudes meramente instrucionistas e informativas, a fim de atuarem como verdadeiros mediadores do processo de ensino e aprendizagem; este aspecto da atuação docente é julgado como determinante para que a universidade, efetivamente, consiga desenvolver sua função social (MAGALHÃES, 2007) e legal.

Com tudo isso, acredita-se que o desenvolvimento de metodologias investigativas com base na atividade real de pesquisa científica é, em primeiro lugar, uma forma de o professor atuar politicamente no seio da universidade, fazendo emergir o papel da mesma enquanto instituição que, para além de incentivar a investigação científica, democratiza o acesso à mesma, atribuição esta que é uma conquista recente e foi historicamente negligenciada por várias décadas.

3.1.4. Course-based Undergraduate Research Experiences (CURE): fundamentos e considerações

A principal problemática discutida até o momento – o número baixo de alunos que têm, na graduação, a oportunidade de desenvolver uma pesquisa científica – não é persistente somente no contexto brasileiro. Nos EUA, os mesmos questionamentos foram levantados, por diversas vezes, ao longo dos anos, e ainda o são atualmente. Por certo, a dimensão do problema é consideravelmente maior no Brasil, haja vista que o mesmo é um país periférico nas relações capitalistas e, portanto, não produz conhecimentos científicos na mesma intensidade quando comparado ao país norte-americano.

Contudo, Bangera e Brownell (2014), analisando o contexto dos EUA, argumentaram que as formas pelas quais os alunos são selecionados para participar de pesquisas e os critérios adotados pelos docentes podem, em todos os sentidos, para além de contribuir com a segregação

de grupos historicamente pouco representados na ciência, como mulheres e negros, excluir cientistas em potencial capazes, efetivamente, de contribuir com o desenvolvimento científico, tornando, assim, a atividade científica elitizada e competitiva, para além de ser excludente.

Dentro deste contexto, surge a proposta CURE, a qual vislumbra possibilidades reais de garantir que a atividade de pesquisa científica seja realizada por um número maior de estudantes (DESAI *et al.*, 2008), de modo que esta proposta tem potencial para desempenhar o importante papel de tornar a comunidade científica mais inclusiva, uma vez que permite contemplar estudantes com históricos diversos (BANGERA; BROWNELL, 2014), fazendo com que o acesso à pesquisa possa, eventualmente, tornar-se mais democratizado. Neste sentido, os estudantes de *backgrounds* diversos, em experiências desta natureza, sentem-se membros efetivos da comunidade científica (CORWIN; GRAHAM; DOLAN, 2015).

A proposição de experiências reais de pesquisa surge no contexto das aulas experimentais dos cursos na área de Ciências da Natureza, especificamente nos cursos de Biologia. O modelo CURE sugere que haja uma reforma significativa no currículo das disciplinas experimentais, fazendo com que as mesmas deixem de ser baseadas em uma “receita de bolo” e promovam uma investigação científica genuinamente colaborativa com todos os discentes matriculados na disciplina (HEEMSTRA *et al.*, 2017).

A despeito de ter suas origens, em geral, associadas às disciplinas de laboratório, outras contribuições mais significativas em termos de definição, como as de Dolan (2016), extrapolam os limites conceituais que associam a definição da abordagem CURE ao espaço físico de implementação da mesma e a define como uma experiência de aprendizagem em que, segundo o autor, “uma classe inteira de estudantes investiga uma questão de pesquisa ou um problema com resultados desconhecidos [...]” (tradução nossa, p. 3).

Deste modo, apreende-se que o laboratório de Ciências, no contexto das aulas experimentais, não deve ser o único *locus* para o desenvolvimento de atividades desta natureza. É prudente e conceitualmente apropriado, portanto, extrapolar os limites do espaço físico e estabelecer que propostas como esta podem ser desenvolvidas em qualquer espaço onde seja imperativo o processo de ensino e aprendizagem. Se faz necessário atentar-se, também, para o fato de que a clara associação da experiência de pesquisa científica ao espaço de laboratório pode, possivelmente, reforçar o tradicionalismo empírico-prático outrora associado à ciência, para além de desvalorizar as pesquisas de caráter social cujo conceito de laboratório de práticas não necessariamente perpassa um ambiente físico.

Isto posto, neste trabalho, a abordagem CURE será tratada de forma desvinculada do seu contexto original de elaboração, de modo que seja passível de aplicação em qualquer sala

de aula de Ensino Superior, independente da natureza teórica ou prática da disciplina. Esta consideração é razoável quando se observa que as experiências CURE são designadas de modo que os estudantes ocupem a posição central de pesquisadores no contexto de um problema científico para o qual a resposta é desconhecida (CORWIN; GRAHAM; DOLAN, 2015), de modo que os aspectos cognitivos e, conseqüentemente, a construção de um arcabouço teórico de conhecimentos são mais importantes para a atividade quando comparados ao desenvolvimento de habilidades e competências de ordem técnica.

Esclarecidas as especificidades deste trabalho, se faz necessário tecer considerações acerca do que, efetivamente, diferencia uma abordagem CURE de uma experiência de pesquisa comum. O CUREnet¹ (grupo de pesquisa, iniciado em 2012, nos EUA, responsável por integrar a proposta nos cursos graduação) forneceu as bases teóricas, em um relatório de reunião, que têm sido utilizadas e referenciadas em todos os outros trabalhos da literatura. Para esses pesquisadores, a proposta CURE deve envolver os estudantes nas seguintes atividades: (i) uso de práticas científicas, (ii) descoberta, (iii) trabalho de relevância científica, (iv) colaboração e (v) iteração (AUCHINCLOSS *et al.*, 2014).

No que diz respeito às práticas científicas, estas correspondem a uma variedade de atividades que são inerentes à pesquisa, como, por exemplo, buscas na literatura, elaboração de questões, levantamento de hipóteses e análise de dados (RESEARCH CORPORATION FOR SCIENTIFIC ADVANCEMENT [RCSA], 2018). Em atividades comuns de Iniciação Científica, tem sido reportado que a maior parte dos estudantes não participa de atividades fundamentais para o desenvolvimento pessoal e da própria pesquisa, como elaboração do referencial teórico e sistematização e avaliação dos resultados (MASSI, 2008). Considera-se, assim, que as experiências CURE serão tão autênticas quanto maior for o número de atividades de caráter científico desenvolvidas pelos estudantes (RCSA, 2018).

A descoberta, o segundo elemento que constitui e caracteriza a abordagem CURE, diz respeito à função mais primordial do desenvolvimento de práticas científicas. Assim, para que haja, efetivamente, descobertas, é importante que os resultados da pesquisa sejam desconhecidos para o estudante (AUCHINCLOSS *et al.*, 2014). A experiência ideal sugere que o instrutor também desconheça os resultados. Contudo, mesmo que o professor esteja a par das respostas que deverão ou poderão ser obtidas a partir do estudo do problema científico, a possibilidade de realizar descobertas não deverá ser privada dos estudantes, uma vez que esta

¹ Link de acesso à página do CUREnet: <<https://serc.carleton.edu/curenet/index.html/>>

tem potencial para motivá-los durante a experiência, bem como garantir maior engajamento e interesse, para além de resultar em ganhos no que diz respeito à aprendizagem (RCSA, 2018).

O terceiro elemento diretamente associado à proposta CURE é a relevância científica do problema. Este aspecto é considerado o mais difícil de se concretizar do ponto de vista prático, porém, está diretamente associado à possibilidade de causar entusiasmo e motivar os estudantes (RCSA, 2018). Neste sentido, diz-se que o problema tem relevância científica quando se investiga uma temática em aberto ou quando a mesma tem a capacidade de impactar os espaços que vão além da sala de aula (AUCHINCLOSS *et al.*, 2014), de modo que é possível, no âmbito da experiência CURE, associar a extensão de forma direta ao ensino e à pesquisa, fazendo valer, assim, o princípio da indissociabilidade que rege as universidades no contexto brasileiro.

Sabe-se que o entusiasmo e a motivação, elementos supracitados como possíveis resultados imediatos da proposta CURE, desempenham um papel fundamental no processo de ensino e aprendizagem, a despeito de não serem recorrentes nas práticas universitárias atuais. As práticas tradicionais, descritas em termos das atividades experimentais, que são recorrentes nas salas de aula brasileiras, não são capazes de incluir a motivação e o entusiasmo no processo de ensino e aprendizagem (OLIVEIRA J., 2010), haja vista que não desafiam cognitivamente os estudantes. Na abordagem CURE, por outro lado, o problema de pesquisa desafia tanto os estudantes quanto o professor, de modo que ambos trabalham de forma conjunta.

O trabalho conjunto e colaborativo é o quarto elemento que alicerça a proposta CURE. O próprio desenvolvimento científico preconiza, de certa forma, o trabalho colaborativo entre diversos pesquisadores, uma vez que as habilidades diferenciadas de cada sujeito são fundamentais para investigar uma determinada problemática sob perspectivas diversas (AUCHINCLOSS *et al.*, 2014). A colaboração também desenvolve importantes competências de natureza intelectual, por exemplo, e comunicativa, para além de fazer com que o aluno compreenda que o trabalho científico é inerentemente colaborativo (AUCHINCLOSS *et al.*, 2014; RCSA, 2018).

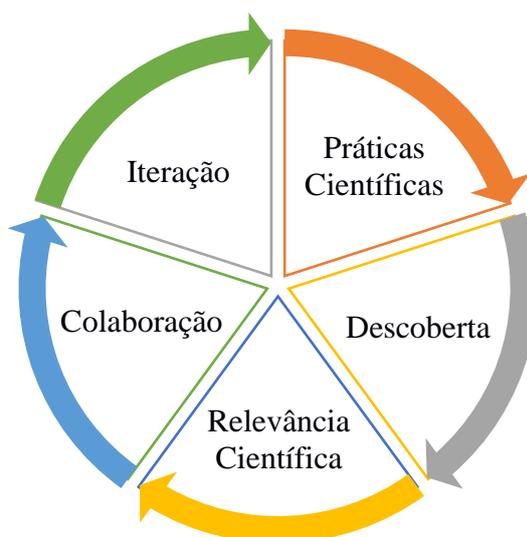
As abordagens colaborativas encontram fundamentos na psicologia da educação, defendida, especialmente, por Vygotsky (1998), o qual argumenta que há uma série de vantagens associadas às atividades genuinamente desenvolvidas em grupo. Para o autor, a própria constituição do sujeito, bem como o seu próprio processo de pensamento e de aprendizagem ocorrem a partir da interação com outros (processos interpsicológicos), de modo que o mesmo, na elaboração de conceitos, deverá ser capaz de desenvolver habilidades

superiores, como abstração e generalização, as quais são inerentes à prática de pesquisa científica.

Por fim, a iteração é o último aspecto que caracteriza a proposta CURE. A prática científica é inerentemente iterativa, uma vez que os saberes associados à mesma são construídos a partir de conhecimentos pré-estabelecidos e evidências obtidas por repetição e reformulação de hipóteses (AUCHINCLOSS *et al.*, 2014), o que gera a inovação. Portanto, trata-se de incluir os estudantes no dinamismo associado à produção de conhecimentos científicos, de modo que diversas habilidades e competências também podem ser obtidos a curto, médio e longo prazo pelos participantes

Os cinco elementos apresentados, a despeito de caracterizar uma abordagem CURE e diferenciá-la das demais experiências de pesquisa, não precisam ser contemplados de forma integral, uma vez que se considera que há um contínuo nessas experiências, de modo que o proponente pode, de forma escalar, aumentar a legitimidade das mesmas a partir da inclusão, cada vez maior, de cada um dos seus eixos constituintes (RCSA, 2018). Os cinco eixos mencionados para a proposta CURE são representados na Figura 1, na qual se objetiva transmitir o caráter dialógico que deve haver entre cada um dos elementos constituintes da experiência.

Figura 1 – representação gráfica dos cinco eixos fundantes da experiência CURE e a dialogicidade de suas relações.



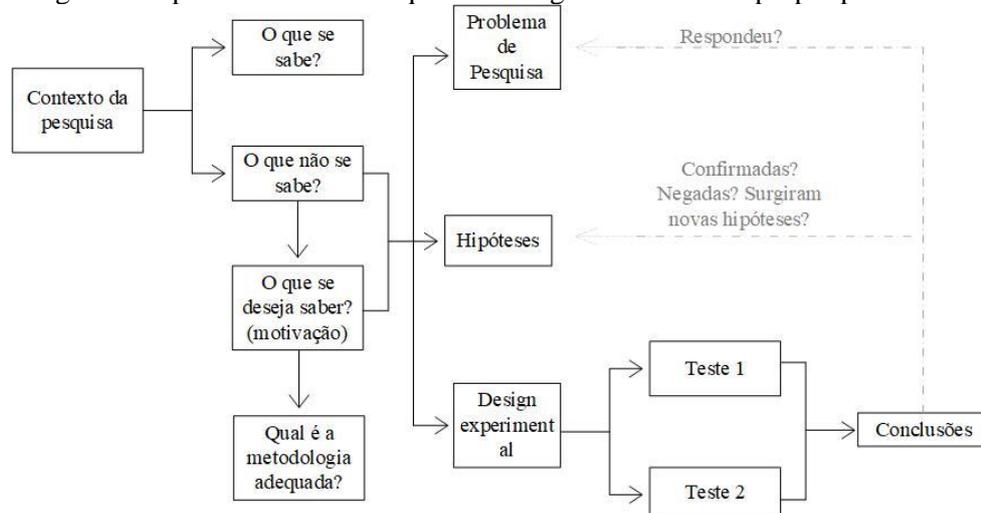
Fonte: os autores (2019)

A *Research Corporation for Scientific Advancement* (2018) sugere algumas etapas que auxiliam na elaboração e implementação de experiências CURE, a saber: etapa inicial, na qual

se destacam a seleção dos objetivos para a pesquisa e para a aprendizagem dos estudantes e a seleção do(s) problema(s) para ser(em) investigado(s) e as técnicas que serão utilizadas; etapa de trabalho educacional, na qual, através dos objetivos de aprendizagem, se faz necessário elaborar as atividades que serão desenvolvidas e as formas através das quais estas serão avaliadas, bem como incluir elementos que caracterizem a experiência como uma pesquisa genuína (pesquisa na literatura, análise crítica de dados, etc.); etapa de execução, a qual efetivamente diz respeito à realização do que foi planejado pelo professor.

Na etapa de execução, Bakshi, Patrick e Wischusen (2016) propuseram um fluxograma que, de modo geral, resume todas as etapas associadas a uma investigação científica desenvolvida no âmbito da proposta CURE, conforme a Figura 2. O modelo, no entanto, pode ser facilmente modificado a depender do projeto de pesquisa que será proposto pelo professor, podendo haver, inclusive, contribuição dos estudantes, uma vez que os mesmos serão os verdadeiros pesquisadores e, portanto, estarão em melhores condições de prever as necessidades e os caminhos da pesquisa.

Figura 2 — Fluxograma do processo científico que a abordagem CURE deve propor para os estudantes.



Fonte: adaptado de Bakshi, Patrick e Wischusen (2016)

À priori, conforme apresentado no fluxograma, é fundamental compreender o contexto da pesquisa e os elementos diretamente associados à problemática. Quando se analisa esses aspectos do ponto de vista do processo de ensino e aprendizagem, de fato, percebe-se que, para que haja um engajamento efetivo dos estudantes em uma determinada atividade de natureza investigativa, é determinante que os mesmos reconheçam a importância do problema sob estudo, isto é, a problemática precisa ser relevante aos olhos dos participantes (GIL PÉREZ; VALDÉS CASTRO, 1996; CACHAPUZ *et al.*, 2005; ZOMPERO; LABURU, 2016). Os

demais elementos do fluxograma, como a elaboração de hipóteses, a testagem das mesmas e as conclusões também são aspectos que deverão estar presentes na experiência CURE e em quaisquer práticas de natureza científica.

Neste contexto, pode-se compreender a proposta CURE, do ponto de vista sociológico, a partir dos conceitos de campo e *habitus* de Pierre Bourdieu (2003, 2004). O *habitus* corresponde às crenças, valores e percepções diretamente associadas às vivências diárias do sujeito, isto é, às “[...] disposições adquiridas pela experiência” (BOURDIEU, 2004, p. 21). Este *habitus*, portanto, está diretamente associado a um determinado campo, definido como um espaço onde se estabelecem as relações sociais do sujeito, fazendo-o adquirir concepções e entendimentos que o configuram enquanto ser e, por conseguinte, constituem o seu *habitus* e a sua prática cotidiana.

A sala de aula na qual a abordagem CURE é desenvolvida, neste sentido, corresponde ao campo na perspectiva bourdiana, no qual são estabelecidas as interações sociais direcionadas à resolução de uma determinada problemática científica, de modo que estas relações (re)modelam o *habitus* dos participantes e, conseqüentemente, suas práticas. Deste modo, parece razoável hipotetizar que as propostas CURE têm potencial para fazer com que os estudantes se interessem, cada vez mais, pela pesquisa científica; este aspecto, inclusive, tem sido reportado na literatura como um dos benefícios associados ao desenvolvimento destas experiências de pesquisa (AUCHINCLOSS *et al.*, 2014; LOPATTO *et al.*, 2008; HARRISON *et al.*, 2011; RCSA, 2018;).

No que concerne aos benefícios, a proposta CURE tem sido recorrentemente atrelada a uma série de ganhos para os estudantes participantes, para os professores e para as próprias instituições, o que justifica sua implementação. Para os professores, uma pesquisa realizada por Shortlidge, Banger e Brownell (2016) mostrou que os docentes reconhecem que os principais ganhos associados ao desenvolvimento de CUREs são: a possibilidade de associar o ensino à pesquisa, a satisfação pessoal, a possibilidade de a experiência resultar em publicações e utilizar os dados obtidos pelos estudantes nas suas práticas de pesquisa.

O aspecto que teve mais menções por parte dos docentes, a possibilidade de associar ensino e pesquisa, retoma a discussão inicial deste trabalho sobre como as universidades brasileiras têm sido historicamente ineficientes neste quesito, de modo que, dentre os fatores que justificam essa ineficiência, estão: a dificuldade de compreender e colocar em prática o princípio da indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão e a ineficácia das políticas públicas e institucionais de incentivo à pesquisa (BRIDI; PEREIRA, 2004; MACEDO *et al.*, 2005; MAGALHÃES, 2007; MASSI, 2008) . Portanto, de fato, do ponto de vista teórico e com

base em algumas experiências práticas de aplicação, uma possibilidade de fazer valer o princípio da indissociabilidade, pelo menos na dualidade ensino-pesquisa, é aplicar a abordagem CURE, em larga escala, nas diversas salas de aula das universidades brasileiras.

Já foi mostrado, também, que esta mesma abordagem também tem potencial para atuar fora dos muros institucionais, perfazendo, portanto, as práticas extensionistas. Para tanto, o problema de pesquisa que será investigado na sala de aula deverá afetar diretamente a comunidade na qual a instituição está inserida. Com a experiência com abordagens desta natureza, espera-se que tanto o instrutor quanto os estudantes sejam capazes de refletir sobre as problemáticas locais, pensar nas relações desta com o currículo previsto para uma determinada disciplina de nível superior e desenvolver a experiência CURE com base nesta realidade.

Com relação aos benefícios para os estudantes, a pesquisa realizada por Stacia Rodenbusch *et al.* (2016) foi uma das poucas que investigou de forma aprofundada e com rigor metodológico os benefícios a longo prazo associados à participação de estudantes em experiências CURE. O principal resultado obtido indicou que ser um membro ativo de pesquisas CURE aumenta a probabilidade de o aluno se graduar na área, de modo que há uma provável diminuição na evasão.

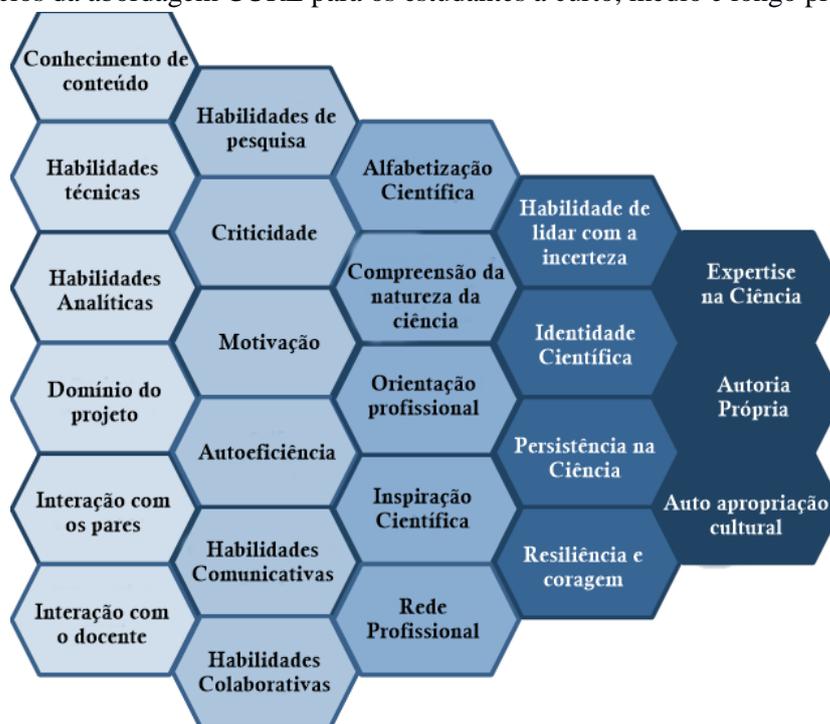
A partir da necessidade de compreensão efetiva sobre os principais benefícios para os estudantes, Auchincloss *et al.* (2014) investigaram uma série de experiências CURE reportadas na literatura e, utilizando critérios próprios de seleção, verificaram e foram capazes de analisar temporalmente os principais ganhos para os estudantes. A Figura 3 representa os resultados obtidos pelos autores, de modo que o aumento na intensidade da tonalidade azul representa o avanço temporal.

Analisando a Figura 3, percebe-se que, a curto prazo, tem sido reportados os seguintes resultados nas propostas analisadas: conhecimento de conteúdo, desenvolvimento de habilidades técnicas, analíticas, domínio de projeto, interação com os pares e interação com os docentes. A longo prazo, foram reportados os seguintes benefícios para os estudantes: *expertise* na ciência, autoria própria e auto apropriação cultural. A análise temporal sugere, antes de tudo, que há um aumento na autonomia do participante (AUCHINCLOSS *et al.*, 2014), sendo essa uma característica que deve ser desenvolvida em qualquer processo de ensino e aprendizagem.

Quando a abordagem CURE é desenvolvida com fins para a aprendizagem, como se sugere neste trabalho como sendo o principal objetivo de práticas desta natureza, o conhecimento de conteúdo é um resultado obtido a curto prazo, o que evidencia o potencial de abordagens ensino-pesquisa com relação à construção de conhecimentos por parte dos estudantes. Neste trabalho, também se considera importante o desenvolvimento de habilidades

técnicas e analíticas, porém estes são elementos secundarizados quando os objetivos educacionais se voltam para a construção de conhecimentos.

Figura 3 — Benefícios da abordagem CURE para os estudantes a curto, médio e longo prazo.



Fonte: adaptada de Auchincloss *et al.* (2014)

Portanto, os benefícios para os estudantes são diversos e podem ou não ser potencializados de acordo com os objetivos da experiência CURE proposta pelo docente (RCSA, 2018). A proposta pode, por exemplo, ter o objetivo central focado na aprendizagem do sujeito, de modo que os aspectos que mais se aproximam do desenvolvimento cognitivo, ao invés do mero aperfeiçoamento técnico, serão mais bem potencializados pela experiência. Pode, também, do mesmo modo, focalizar no desenvolvimento de habilidades de ordem técnica.

Para que a proposta, de fato, possa ser efetivada com êxito, alguns conhecimentos básicos sobre a problemática investigada ou o próprio processo de pesquisa científica mostraram-se necessários (AUCHINCLOSS *et al.*, 2014), especialmente no contexto brasileiro, o qual, como apresentado, apresenta políticas públicas e institucionais ineficientes no que diz respeito às oportunidades de pesquisa oferecidas aos estudantes, de modo que os mesmos têm pouco ou nenhum conhecimento sobre os elementos que compõem uma investigação científica real. Assim, surge o modelo pré-CURE na perspectiva de ser uma possível solução para esta problemática.

O modelo pré-CURE, efetivamente, prepara o estudante através da apresentação holística e realista do ato de pesquisar e da iteração associada à produção de conhecimentos científicos (RCSA, 2018). Este modelo foi desenvolvido com base em quatro objetivos básicos: (i) oferecer a todos os estudantes uma primeira exposição às práticas científicas autênticas, (ii) apresentar os principais benefícios e desafios associados às investigações científicas, (iii) prover uma experiência única de iteração científica e (iv) preparar o estudante para o desenvolvimento de um possível projeto de pesquisa no futuro (RCSA, 2018). Os objetivos são bastante amplos e não há restrição quanto ao formato através do qual o modelo pré-CURE deverá ser desenvolvido, podendo ser, por exemplo, minicursos, viagens de campo, eventos, dentre outros (RCSA, 2018)

Em conclusão, a abordagem CURE corresponde a uma possibilidade real de utilizar a pesquisa como uma abordagem de ensino, conforme propunha Magalhães (2007), e tem potencial, conforme visto, de ser aplicada em qualquer disciplina de qualquer curso, haja vista que a atividade de pesquisa científica está presente em todas as áreas do conhecimento e deve, legalmente, estar presente na formação de todos os estudantes de forma justa e igualitária. Entretanto, para que seja uma abordagem aplicada de forma efetiva, se faz necessário tecer algumas considerações claras sobre como se dá avaliação em propostas deste tipo.

3.1.5. Considerações sobre os aspectos avaliativos na abordagem CURE

Na literatura, há um consenso sobre a importância de se desenvolver experiências genuínas de pesquisa no âmbito da sala de aula do Ensino Superior. Contudo, as formas de avaliar abordagens desta natureza ainda permanecem um desafio à prática pedagógica, uma vez que há uma série de elementos que caracterizam estas experiências e necessitam, sobretudo, serem avaliados a partir da prática como forma de verificar a eficácia da metodologia (BROWNELL; KLOSER, 2015).

Estudos sobre os processos avaliativos em experiências CURE, até a presente data, ainda são bastante limitados e não se baseiam propriamente em teorias pedagógicas. A grande maioria dos trabalhos desenvolvidos ora avalia as percepções dos estudantes sobre os ganhos e os benefícios adquiridos a partir da experiência, ora investiga se os participantes têm interesse em continuar desenvolvendo atividades de pesquisa científica e como a abordagem CURE influenciou com relação à motivação dos mesmos (AUCHINCLOSS *et al.*, 2014). No entanto, não tem sido publicados trabalhos que discutam como qualificar e/ou quantificar o desempenho dos estudantes em abordagens ensino-pesquisa, de maneira geral.

De modo geral, sabe-se que, para avaliar uma experiência CURE, a primeira etapa consiste na identificação, por parte do docente, dos objetivos de aprendizagem, os quais podem ser de ordem técnica, quando a CURE for desenvolvida nesta perspectiva, ou de ordem cognitiva; a segunda etapa é escolher uma ferramenta avaliativa que está de acordo com os objetivos de aprendizagem (SHORTLIDGE; BROWNELL, 2016). Esta sequência é utilizada em qualquer avaliação, mesmo as que ocorrem em uma perspectiva tradicionalista.

Quando o objetivo é de ordem cognitiva, ou seja, diz respeito à elaboração conceitual do estudante durante a experiência CURE, uma possibilidade é utilizar uma ferramenta conhecida como PURE (do inglês, *Performance assessment of Undergraduate Research Experiences*), que consiste na aplicação de um exame que contém problemas reais associados ao que foi estudado pelo aluno na experiência CURE e solicita do mesmo uma resposta descritiva, no sentido de aplicar os conhecimentos obtidos, na prática, em uma situação também real (HARSH, 2016).

A escrita e manutenção de cadernos de laboratório também tem sido recorrente em atividades experimentais tradicionais. Para abordagens CURE e diferentes abordagens investigativas, há, também, a possibilidade de manter uma espécie de caderno de laboratório colaborativo em alguma ferramenta online, de modo que todos os estudantes, em uma escrita colaborativa, podem contribuir com os dados obtidos e as percepções, hipóteses e conclusões sobre o projeto de pesquisa (LAWRIE *et al.*, 2016), de modo que as contribuições individuais podem, a posteriori, ser avaliadas, qualificadas e quantificadas pelo professor.

Portanto, pode-se concluir que a escolha do instrumento avaliativo dependerá diretamente dos objetivos, de ordem técnica ou cognitiva, previstos pelo docente. A própria desenvoltura do estudante durante a atividade de pesquisa pode consistir em uma métrica para o professor, uma vez que o mesmo deverá acompanhar de perto o desenvolvimento dos alunos no projeto de pesquisa e será capaz de, baseado em suas observações, qualificar o desempenho dos estudantes, de modo que a quantificação do mesmo pode ser um elemento secundário na análise do professor e pode, em último caso, ser realizada mediante a aplicação de uma das ferramentas citadas anteriormente.

A formação do professor torna-se, deste modo, um elemento preponderante, haja vista que o papel de instrutor desempenhado pelo mesmo no âmbito da sala de aula, quando desenvolvidas atividades de natureza científico-investigativa, como proposto na abordagem CURE, destoa significativamente da atuação tradicionalista comum nas instituições brasileiras de ensino. Considera-se, deste modo, que a formação inicial e as experiências que o professor

vivencia na universidade são fatores determinantes em uma prática docente que se quer sintonizada com os novos paradigmas educacionais.

3.1.6. A formação de professores e a dualidade ensino-pesquisa

Tem sido um consenso, entre os pesquisadores da educação das mais diversas linhas de investigação, que a pesquisa desempenha um papel fundamental na formação de professores (ANDRÉ, 2001). Na contramão, a desvalorização da atuação docente ainda tem sido, especialmente do ponto de vista das políticas públicas, recorrente, ideia que está fundamentada no discurso de que o ensino é uma “[...] atividade que se realiza com naturalidade, isto é, sem necessidade de qualquer formação específica, na sequência da detenção de um determinado corpo de conhecimentos científicos” (NÓVOA, 1997, p. 21).

Contudo, argumenta-se que há um vasto arcabouço de conhecimentos científicos associados à *práxis* do professor e, por conseguinte, a formação específica, inicial e continuada, se torna fundamental. Para além de graduar profissionais apropriados de saberes científicos acerca do processo de ensino e aprendizagem, defende-se, atualmente, a necessidade de se formar professores pesquisadores e reflexivos (ECHEVERRÍA *et al.*, 2006); esses termos têm sido bastante discutidos na literatura.

Essa necessidade se justifica pelas constantes mudanças e infinitas incertezas na sociedade, de modo que se espera diferentes posturas do professor em situações específicas do contexto escolar (PESCE; ANDRÉ; HOBOLD, 2013). Para tanto, se torna essencial rever os currículos dos cursos de formação, os quais ainda se baseiam na racionalidade técnica, na disciplinaridade e no conteudismo, a fim de atender às novas demandas sociais e às exigências do dinamismo da contemporaneidade (PASCE; ANDRÉ; HOBOLD, 2013).

A elaboração conceitual dos conceitos de professor pesquisador e professor reflexivo surge em um contexto bastante específico, de modo que, em geral, é relacionada a dois propósitos básicos: propiciar um conhecimento social acerca dos movimentos de professores que, efetivamente, tinham preocupação no que concerne à aprendizagem de seus alunos e fornecer uma base teórica no sentido de incluir o caráter reflexivo na prática docente e/ou posicionar a atividade de pesquisa como um elemento central da formação e na prática do professor (FAGUNDES, 2016).

Quando se centraliza a atividade de pesquisa na atuação do professor, a prática docente não se restringe tão-somente à transmissão de conhecimentos historicamente construídos, mas

perpassa pela efetiva necessidade de se estabelecer e produzir, na e sobre a escola, conhecimentos advindos da pesquisa, haja vista que não há

[...] ensino sem pesquisa e pesquisa sem ensino. Esses que-fazer-se encontram um no corpo do outro. Enquanto ensino continuo buscando, reprocurando. Ensino porque busco, porque indaguei, porque indago e me indago. Pesquiso para constatar, constatando, intervenho, intervindo educo e me educo. Pesquiso para conhecer o que ainda não conheço e comunicar ou anunciar a novidade (FREIRE, 1996, p. 29).

Alinhado a esse ponto de vista, o professor pesquisador que se quer produzir, a partir da formação inicial, é aquele que analisa criticamente seu cotidiano na sala de aula, refletindo diariamente com relação à sua prática a fim de responder às principais problemáticas da escola (MALDANER, 2003) respeitando a coerência dos princípios básicos da formação humana e seus objetivos pedagógicos. Assim, a realidade escolar do professor é assumida, pelo mesmo, como um objeto de pesquisa, reflexão e análise (FAGUNDES, 2016). Quando se fala em pesquisa, não se trata propriamente da pesquisa científica, mas do ato de pesquisar, investigar e buscar compreender a realidade na qual o sujeito está inserido.

Uma formação nessa perspectiva vai de encontro ao modelo da racionalidade técnica, o qual separa teoria e prática, mediando a atuação do professor por um sistema infalível e lógico de procedimentos, de modo que o papel do docente se volta para a mera transmissão de conhecimentos (PASCE; ANDRÉ; HOBOLD, 2013). De forma contrária, o professor pesquisador constrói conhecimentos sobre a sala de aula e sobre o processo de ensino e aprendizagem, elaborando planos de ação e intervenções pedagógicas com o objetivo de, reconhecendo as necessidades específicas de cada realidade escolar, minimizar as principais problemáticas.

Esse movimento de construção de novos conhecimentos na escola significa, também, fazer com que as vozes dos professores sejam ouvidas, com o objetivo de libertá-los da hegemonia dos discursos de outrem (ECHEVERRÍA; CANAVARRO; SOARES, 2007). Para tanto, a fim de que esta perspectiva diferenciada de formação seja concretizada, se faz necessário oportunizar um maior contato de licenciandos com a atividade de pesquisa na universidade (LÜDKE, 2001), haja vista que, na atualidade, poucos são os estudantes que desenvolvem projetos de pesquisa, além do TCC, na graduação.

Quando se fala na formação do professor pesquisador, a grande maioria dos referenciais (LÜDKE, 2001; ECHEVERRÍA; CANAVARRO; SOARES, 2007; PASCE; ANDRÉ; HOBOLD, 2013; FAGUNDES, 2016) delimita a pesquisa social/educacional como

um elemento fundamental que deve estar presente no currículo dos cursos de licenciatura, o que de fato é coerente, uma vez que cursos desta natureza, primordialmente, mas não exclusivamente, objetivam formar docentes que atuarão na Educação Básica.

Contudo, sabe-se que o estudante também precisa apropriar-se, de forma abrangente e sólida, do conteúdo específico da área que deverá ensinar. Neste sentido, acredita-se ser preponderante, em cursos de formação de professores de Química, por exemplo, incluir a pesquisa científica não somente na área de educação, mas, também, na área de Química Aplicada, a fim de que o estudante aprenda a partir do fazer, uma vez que ninguém

[...] pode dizer que sabe algo de alguma coisa sem ter feito algo – por modesto que seja – dessa coisa. Ninguém pode dizer que sabe (mesmo que diga que sabe só um pouco) de Ciências ou Matemática sem nunca ter feito coisa alguma de Ciências ou Matemática – por modesto e elementar que seja (D'AMBROSIO, 1998, p. 246).

Portanto, quando se fala, neste trabalho, que há a necessidade de oportunizar licenciandos para desenvolverem pesquisas científicas, esse discurso não está restringido à pesquisa educacional, mas alinhado com a perspectiva de D'Ambrósio (1998) do aprender a partir do fazer concreto. Em geral, na formação de professores, são ensinados os produtos (conhecimentos) que serão ensinados pelos mesmos e suas áreas específicas. Entretanto, é somente a partir do conhecimento acerca do processo de construção do conhecimento que o professor estará efetivamente habilitado a ensinar, haja vista que esta atividade de ensino visa, sobretudo, abordar o processo de aquisição do conhecimento a ser ensinado, não somente o produto resultante (DINIZ-PEREIRA, 2006).

No que diz respeito às experiências CURE, é preciso considerar que as mesmas não se restringem a uma área/ambiente específico, como tem sido apresentado na literatura, mas correspondem ao processo de mobilização cognitiva no sentido de construir conhecimentos, através da pesquisa científica, em quaisquer áreas, inclusive em cursos que promovem a formação de professores. Assim, defende-se que as abordagens CURE podem estar associadas tanto às pesquisas sociais/educacionais quanto às pesquisas aplicadas da área específica que deverá ser ensinada pelo professor em formação.

Por fim, as atividades de pesquisa científica também têm sido implementadas no Ensino Médio, através dos programas de Iniciação Científica Júnior de órgãos de fomento brasileiros. Nestas atividades, os professores desenvolvem a função de orientadores, de modo que é prudente considerar que um docente que, durante a graduação, desenvolveu pesquisas, estará melhor preparado para atuar em programas como esse. Portanto, há uma extensão considerável

no que concerne ao campo de atuação do professor na escola, de modo que, cada vez mais, se faz necessária uma formação sólida, contextual, interdisciplinar e crítica, de modo que se acredita que a pesquisa científica pode – e deve, do ponto de vista legal – ser um pilar essencial dessa formação. Além disto, pode contribuir para a motivação dos estudantes de Ensino Médio na escolha de suas profissões, podendo, possivelmente, fazê-los identificarem-se pela pesquisa como uma possibilidade de carreira profissional.

3.2. FUNDAMENTOS ASSOCIADOS À QUÍMICA APLICADA

Nesta subseção, serão abordados os diversos fundamentos de Química Aplicada que justificam a escolha, a elaboração e a metodologia do projeto de pesquisa que foi proposto neste trabalho para exemplificar uma abordagem CURE. Inicialmente, os processos catalíticos homogêneos serão apresentados, com foco na reação de hidroformilação de olefinas, haja vista que, para além de ser uma reação extremamente importante do ponto de vista industrial, terá um dos elementos do seu ciclo catalítico, a regioseletividade, investigada pelos participantes.

Em seguida, será apresentada a problemática que diz respeito à compreensão da regioseletividade no ciclo da hidroformilação, objetivando apresentar o contexto da mesma com relação aos ligantes fosforados bidentados e construir os fundamentos teóricos que buscam atribuir-lhe significado. Por fim, serão apresentados os métodos da Modelagem Molecular, os quais utilizam da computação científica para promover investigações científicas acerca de diversos sistemas químicos reais, obtendo parâmetros confiáveis que são, na maioria das vezes, corroborados por dados empíricos obtidos pela experimentação tradicional de bancada, e/ou podem fornecer informações e interpretações acerca de um sistema de difícil acesso por vias experimentais tradicionais, para além de poder auxiliar no design de novos materiais.

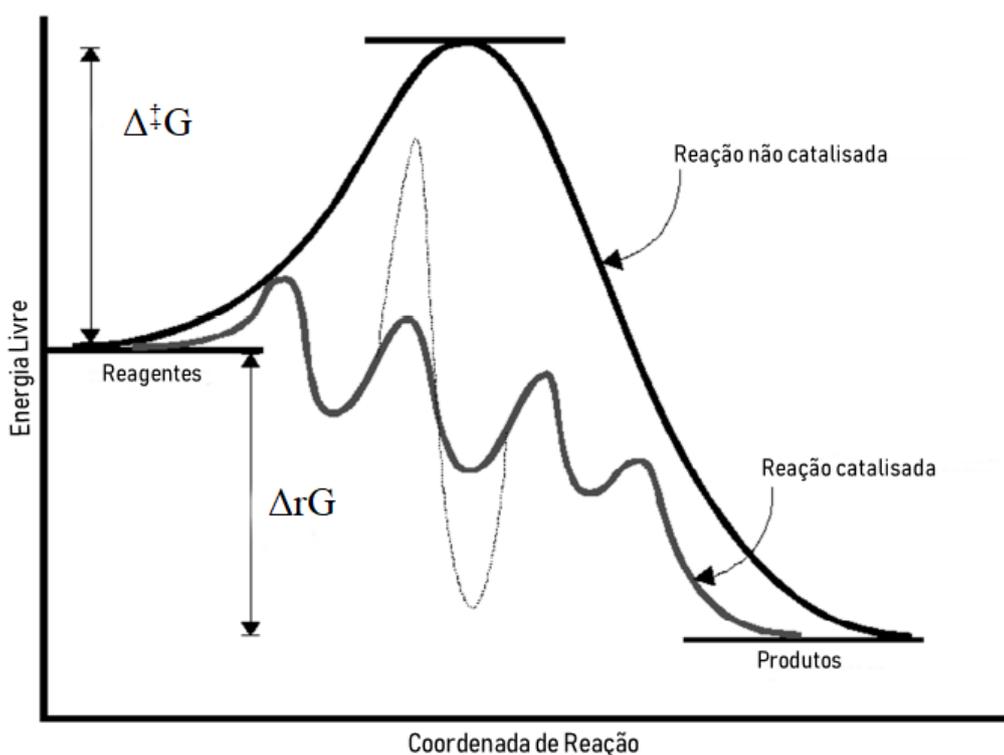
3.2.1. Reações catalíticas homogêneas: a hidroformilação de olefinas

Na Cinética Química, as velocidades com as quais se processam as reações químicas são objetos de estudo. Dentre os diversos fatores que influenciam, isoladamente ou em conjunto, a velocidade de uma reação, estão a concentração de reagentes, a superfície de contato entre diferentes fases em um sistema heterogêneo, a pressão, a temperatura e a catálise (DIAS; FERREIRA; CUNHA, 2012). A catálise é de fundamental importância em diversos processos industriais, nas reações biológicas e na proteção ambiental, sendo, portanto, considerada a chave das transformações químicas (DIAS, 2012).

Em um processo químico catalisado, novas rotas reacionais – mecanismos – são propostas, de modo que estas novas rotas apresentam energias de ativação menores com relação ao processo não catalisado (Figura 4) e, desta forma, em condições de temperatura e pressão mais amenas, uma fração maior de colisões moleculares pode superar a barreira energética de ativação, levando à formação dos produtos (ATKINS; JONES, 2006). Portanto, o catalisador atua cineticamente em uma reação termodinamicamente possível, alterando a barreira energética de ativação, que pode ser dada em termos da energia de Gibbs de ativação ($\Delta^\ddagger G$), porém mantendo constante o valor da energia de Gibbs da reação ($\Delta_r G$) (DIAS, 2012). A Figura 4 mostra, por meio de um exemplo hipotético, perfis de energia de uma reação catalisada e não catalisada.

Em geral, os processos catalíticos são classificados como homogêneos ou heterogêneos. A classificação se baseia no estado físico dos reagentes e do catalisador, de modo que a catálise é dita homogênea quando ambos os reagentes e a espécie catalisadora estão na mesma fase; logo, a catálise será heterogênea quando o catalisador e os reagentes estão em fases distintas, de modo que os catalisadores mais comuns, nestes processos, são sólidos finamente divididos (ATKINS; JONES, 2006).

Figura 4 — Perfis energéticos de uma reação catalisada e não catalisada.

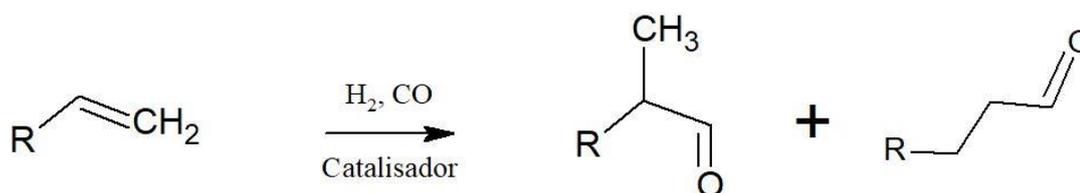


Fonte: adaptado de Dias (2012)

A despeito de a catálise heterogênea encontrar maior aplicação do ponto de vista industrial em virtude do preço do catalisador e da maior facilidade de separação do mesmo, a catálise homogênea é especialmente útil em processos reacionais que requerem seletividade e condições mais brandas de temperatura e pressão (DIAS, 2012; DIAS; FERREIRA; CUNHA, 2012), de modo que produtos industrialmente mais valiosos e complexos, como produtos da química fina, são, em geral, obtidos por reações catalíticas homogêneas (DIAS, 2012).

Uma reação catalítica homogênea que encontra importantes aplicações industriais é a hidroformilação de olefinas, também conhecida como processo oxo. A hidroformilação foi descoberta acidentalmente em 1938, por Otto Roelen, quando verificou que a reação de etileno com CO e H₂, na presença de um catalisador formado por óxidos de magnésio, tório ou cobalto, produz cetonas e aldeídos (BÖRNER; FRANKE, 2016). Portanto, a reação de hidroformilação converte alquenos em aldeídos ou cetonas na presença de gás de síntese e de um catalisador organometálico, conforme Figura 5. O primeiro mecanismo dissociativo da hidroformilação de olefinas, de acordo com Dias (2012), foi proposto por Breslow e Heck em 1961, de modo que foi adaptado para catalisadores à base de ródio, uma vez que já se sabe que catalisadores de ródio com fosfinas modificadas são especialmente quimiosseletivos.

Figura 5 — Representação genérica da reação de hidroformilação de olefinas.



Fonte: os autores (2018)

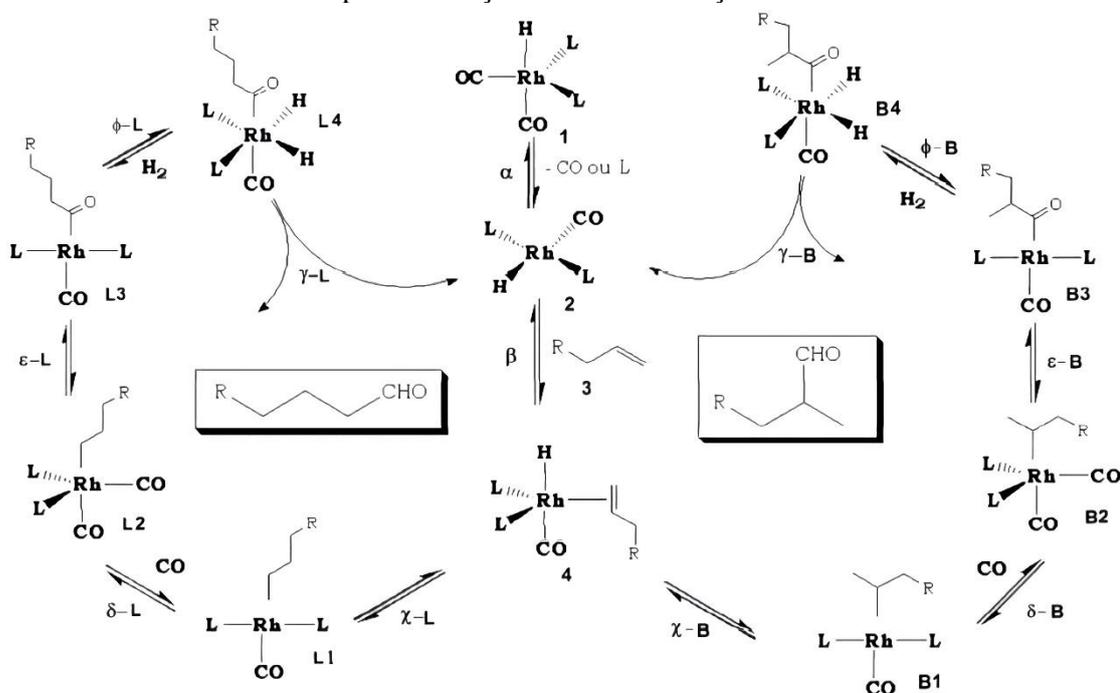
Industrialmente, a reação de hidroformilação de olefinas é responsável por produzir cerca de 10 milhões de toneladas de aldeídos por ano, de modo que estes produtos são subsequentemente convertidos em outros compostos industrialmente importantes, como detergentes, sabões, plastificantes, lubrificantes, produtos farmacêuticos, dentre outros (DIAS, 2012). Esse impacto da hidroformilação na produção industrial se justifica, também, pela possibilidade de controle da regioseletividade reacional através da modificação estrutural do catalisador organometálico à base de ródio, permitindo que o lucro produtivo seja maior.

3.2.2. A regioseletividade no ciclo catalítico da hidroformilação do propeno

A reação de hidroformilação, quando são utilizados substratos olefínicos terminais, isto é, quando a insaturação encontra-se em uma das extremidades da molécula, como visto na Figura 5, pode se processar por duas rotas reacionais, sendo que uma delas leva à formação do produto de cadeia linear e a outra leva à formação do produto de cadeia ramificada. O ciclo catalítico completo da reação de hidroformilação para uma olefina genérica é apresentado na Figura 6.

O ciclo catalítico completo é explicado por Dias (2012), de modo que, na etapa α , fase inicial do ciclo catalítico, ocorre a conversão da espécie pré-catalítica, 1, na espécie cataliticamente ativa, 2, através da perda de um ligante ou um grupo carbonila. Em seguida, a olefina se coordena e se insere, no plano equatorial, na esfera de coordenação do ródio (etapa β) para, em seguida, ocorrer, na etapa χ , a inserção do próton na olefina, de modo que a reação pode se propagar por um mecanismo linear (L) ou ramificado (B), dependendo da posição na qual o próton se insere na olefina. Posteriormente, na etapa δ , ocorre a reinserção da carbonila na esfera de coordenação do ródio para, logo em seguida, na etapa ϵ , ocorrer a inserção do CO na olefina. A adição oxidativa do H_2 no Rh ocorre na etapa ϕ e a eliminação redutiva do aldeído, restaurando a espécie cataliticamente ativa, na etapa γ .

Figura 6 — Ciclo catalítico completo da reação de hidroformilação de uma olefina terminal.



Fonte: Dias (2012)

De modo geral, a regioseletividade para a formação de produtos lineares ou ramificados – representada, em trabalhos experimentais, pela razão L/B – tem sido atribuída aos ligantes

fosforados, como fosfinas e fosfitos, presentes em catalisadores modificados utilizados na hidroformilação, os quais têm exibido uma efetiva influência no controle regio e estereosseletivo (VAN LEEUWEN; ROOBEEK, 1983; CARBÓ *et al.*, 2001). Esta influência na seletividade reacional é o aspecto que torna a reação de hidroformilação um dos métodos mais bem-sucedidos na síntese de aldeídos e cetonas.

O entendimento da relação entre estrutura e atividade do complexo catalisador depende da compreensão dos aspectos eletrônicos e espaciais do ligante que governam a regioseletividade reacional. As características eletrônicas dizem respeito, por exemplo, à basicidade e à capacidade de doação/aceitação π , ao passo que os aspectos espaciais/estéricos correspondem às interações ligante-ligante e ligante-substrato, conhecidas como efeitos não-ligantes, e ao ângulo de mordida do ligante bidentado, ou efeito orbital (CARBÓ *et al.*, 2001).

Os efeitos estéricos têm sido considerados determinantes na regioseletividade reacional. Quando se realiza, por exemplo, a hidroformilação do 1-octeno, há um aumento significativo na regioseletividade para a formação do aldeído linear conforme se aumenta o ângulo natural de mordida da bifosfina utilizada como ligante (CARBÓ *et al.*, 2001). Para compreender, portanto, a natureza dessa regioseletividade, se faz necessário analisar todas as estruturas do ciclo catalítico em termos energéticos e geométricos.

Para estudar o fenômeno da regioseletividade na hidroformilação, nos últimos anos, as metodologias computacionais têm sido amplamente aplicadas, uma vez que há uma série de limitações associadas aos métodos experimentais, especialmente no que concerne à determinação dos intermediários reacionais que, a depender da estabilidade, podem ou não ser isolados e caracterizados. Portanto, a Modelagem Molecular tem se mostrado uma alternativa interessante para se estudar reações catalíticas homogêneas e pode ser utilizada para se compreender a dinâmica do ciclo catalítico da hidroformilação de olefinas, especialmente quando se trata da regioseletividade reacional e dos fatores eletrônicos e estéricos que a controlam.

3.2.3. Modelagem computacional: princípios e métodos

Em Química, a compreensão e interpretação dos fenômenos perceptíveis aos sentidos humanos perpassa pela associação entre as três dimensões do conhecimento químico: a dimensão macroscópica, associada às experiências e às vivências do indivíduo; a dimensão simbólica, a qual corresponde à linguagem que possibilita a divulgação deste conhecimento; a dimensão submicroscópica, na qual reside a explicação dos fenômenos químicos

(JOHNSTONE, 1993) e diz respeito às ideias que fundamentam e teorizam sobre a natureza mais íntima e peculiar da matéria.

O conhecimento científico no nível submicroscópico, ao longo dos anos, tem sido construído a partir de investigações centradas em abordagens de experimentação de bancada. Contudo, é histórica a limitação destes métodos experimentais no que se refere à possibilidade de obtenção de propriedades atômicas ou moleculares, como, por exemplo, a caracterização de parâmetros geométricos (ângulos e distâncias de ligação) de estruturas moleculares (BARREIRO *et al.*, 1997).

Neste contexto, a Modelagem Computacional, também conhecida como Modelagem Molecular, surge como uma alternativa promissora no que tange à possibilidade de, através de recursos computacionais, descrever e compreender a natureza submicroscópica de sistemas químicos reais. O desenvolvimento deste novo campo de atuação dos químicos, com início no final da década de 1960, está diretamente associado à utilização das mecânicas clássica e quântica com fins para a descrição de sistemas químicos e se deu de forma relativamente rápida em virtude da evolução tecnológica dos computadores (RODRIGUES, 2001; SANTOS, 2001).

Essa evolução dos recursos computacionais foi, por certo, decisiva no desenvolvimento da Modelagem Molecular, especialmente no que diz respeito ao nível de eficiência dos algoritmos e dos programas computacionais; um cálculo que, em 1980, deveria requerer uma semana em termos de tempo de CPU (*Central Processing Unit*) do computador, hoje poderia facilmente ser realizado, em um computador pessoal, em um tempo inferior a um minuto (RIBEIRO-CLARO, 2008).

Em termos gerais, a Modelagem Molecular pode ser definida como um estudo que integra a aplicação de modelos teóricos na descrição de propriedades e conformações estruturais da matéria que interessam à Química (SANTOS, 2001). Pode, também, em termos práticos, ser compreendida enquanto um conjunto de ferramentas que possibilita construir, editar, visualizar e analisar sistemas moleculares (BARREIRO *et al.*, 1997). A modelagem é essencialmente subdividida em duas classes de aproximações: a aproximação clássica, usualmente subdividida nos métodos de mecânica molecular e dinâmica molecular; e a aproximação quântica, constituída pelos métodos *ab initio* e os métodos semi-empíricos (SANT'ANNA, 2009).

Atualmente, tem se dividido, também, em métodos que utilizam a função de onda (antes conhecidos como métodos quânticos) e os que não se baseiam na função de onda (métodos clássicos e DFT). Independente da nomenclatura, a escolha do método a ser utilizado é de responsabilidade do pesquisador, de modo que o mesmo deve considerar a precisão com a qual

os resultados devem ser apresentados, a relação custo/benefício do método em termos computacionais, os recursos disponíveis e a propriedade que se deseja analisar.

Na abordagem clássica, os métodos da Mecânica Molecular (MM) consideram as moléculas como um conjunto de átomos ligados entre si por forças elásticas ou harmônicas (COELHO *et al.*, 1999), de modo que este modelo despreza, portanto, a natureza particulada dos átomos. Esta aproximação, contudo, é razoável quando se considera que os parâmetros associados a um conjunto de átomos, desde que os mesmos sejam do mesmo tipo e hibridização, permanecem comedido inalterados em estruturas moleculares diferentes; na literatura, tabelas de ângulos e distâncias de ligação considerados “normais” para diferentes tipos de ligação são facilmente encontradas, o que auxilia na descrição destes parâmetros (SANT’ANNA, 2009) e, por conseguinte, na modelagem desses sistemas.

As forças elásticas ou harmônicas que mantêm os átomos unidos são descritas, neste modelo, por funções de energia potencial cujas variáveis independentes são os diversos fatores que determinam a configuração estrutural de uma molécula, e.g. comprimentos/ângulos de ligação, ângulos diédricos, dentre outros (COELHO *et al.*, 1999). O somatório destas funções designa o chamado campo de força, o qual determina penalidades energéticas para o afastamento da estrutura dos valores empíricos inscritos nestas funções e considerados “normais” (SANT’ANNA, 2009), servindo, essencialmente, para calcular a geometria e a energia das moléculas (RODRIGUES, 2001). A Equação 1 apresenta uma forma genérica de um campo de força.

$$U = \sum U(r) + \sum U(\theta) + \sum U(\varphi) + \sum U(d) + \dots \quad (1)$$

No campo de força genérico representado pela Equação 1, o valor da energia total depende do somatório das contribuições parciais das energias associadas ao estiramento de ligação (r) em relação a uma posição de equilíbrio, às deformações do ângulo de ligação (θ) e ângulo diedro (φ), bem como às interações não-ligantes (d) (COELHO *et al.* 1999). Para realizar uma descrição adequada do sistema químico sob estudo, dezenas de outros termos são adicionados à equação 1. Atualmente, diversos campos de força estão disponíveis e diferenciam-se, basicamente, em virtude do número e do tipo de funções de energia potencial que constituem o mesmo (SANT’ANNA, 2009). Alguns exemplos de campos de força amplamente utilizados são o AMBER (WEINER *et al.*, 1984) e o UFF (RAPPÉ *et al.*, 1992).

De modo similar à Mecânica Molecular, a Dinâmica Molecular (DM) descreve os sistemas particulados como uma coleção de átomos unidos por forças harmônicas ou elásticas

(NAMBA; SILVA; SILVA, 2008). Contudo, o comportamento do sistema em termos microscópicos é descrito em função do tempo e se faz primordial, nas simulações de DM, conhecer os potenciais de interação entre os átomos do sistema, os quais também são descritos por campos de força, como ocorre na MM, e conhecer as equações newtonianas que regem a dinâmica do sistema sob estudo (SABINO *et al.*, 2009).

As trajetórias, isto é, o conjunto de posições e velocidades de cada partícula ao longo do tempo, são obtidas por cálculos de DM através da integração das equações de movimento (NAMBA; SILVA; SILVA, 2008). Em geral, o tempo avaliado da trajetória é curto, uma vez que os cálculos são computacionalmente bastante custosos, se restringindo à ordem de centenas de picossegundos ($1 \text{ ps} = 10^{-12} \text{ s}$); em sistemas menores, a trajetória pode ser obtida até na faixa de nanossegundos (SANT'ANNA, 2009). Em termos de *software*, o GROMACS (VAN DER SPOEL, 2005) é um dos programas normalmente mais utilizados em simulações de DM.

No que concerne à abordagem quântica, a descrição dos sistemas não mais se baseia nas equações newtonianas do movimento, dado que a modelagem não mais reduz a descrição do átomo a uma mera esfera sobre a qual agem forças elásticas ou harmônicas, mas nas particularidades da função de onda de Schrödinger (Equação 2), isto é, na razoabilidade dos postulados e leis da Mecânica Quântica (MQ). Por esta razão, os métodos da mecânica quântica, para além de fornecerem resultados efetivamente mais precisos, ainda possibilitam obter informações sobre a estrutura eletrônica do sistema químico, o que demanda, por outro lado, um maior custo computacional em termos de tempo de CPU e memória da máquina (BARREIRO *et al.*, 1997).

$$[\hat{K} + \hat{V}]\psi(R, r) = E\psi(R, r) \quad (2)$$

Na Equação 2, os símbolos \hat{K} e \hat{V} representam, respectivamente, a versão mecânico-quântica dos operadores de energia cinética e potencial, de modo que o somatório dos dois termos forma o conhecido operador Hamiltoniano (\hat{H}). Portanto, quando se aplica, em uma função de onda $\psi(R, r)$, na qual R representa as coordenadas nucleares e r diz respeito às coordenadas eletrônicas, o operador Hamiltoniano, se obtém a energia total do sistema; estas funções são conhecidas como autofunções, de modo que o valor da energia total, E , corresponde ao autovalor da função (BALL, 2006).

A resolução da função de onda, no entanto, é bastante complicada e necessita de uma série de aproximações para que possa ser solucionada para sistemas reais, de interesse prático

(SANT'ANNA, 2009). Uma abordagem inicial é a utilização da aproximação de Born-Oppenheimer, a qual, efetivamente, despreza o acoplamento dos movimentos eletrônicos e nucleares e é justificada pela diferença nas escalas temporais destes movimentos (SILVA, 2004), o que está associado ao fato de a massa do núcleo ser consideravelmente maior que a massa dos elétrons. Portanto, na resolução, assume-se que os núcleos ocupam posições fixas (valores fixos de R) e a função de onda varia unicamente com as coordenadas eletrônicas, as quais são definidas para cada posição dos núcleos (SANT'ANNA, 2009).

Uma abordagem importante para a resolução da função de onda, a aproximação de Hartree-Fock (HF), assume que cada elétron se move em um campo médio formado pelos demais elétrons e pelos núcleos, possibilitando o cálculo da energia total do sistema para cada conjunto de posições nucleares, de modo que a energia total de cada conjunto é comparada até que não haja mais variação entre duas estruturas consecutivas dentro de um limite pré-determinado (SANT'ANNA, 2009); quando não há mais variação, diz-se que houve convergência nos resultados. A limitação da abordagem Hartree-Fock está centrada no fato de não haver a consideração da correlação eletrônica, isto é, das interações instantâneas entre os elétrons. Contudo, outros métodos da literatura, como a Teoria de Perturbação de Møller-Plesset de segunda ordem (MP2), consideram essa correlação (SILVA, 2004), mas possuem uma demanda computacional comparativamente maior com relação aos métodos HF.

Um aspecto importante nos cálculos quânticos é a descrição dos orbitais moleculares, o que é feito a partir da combinação linear de uma série de funções que representam os orbitais atômicos (SILVA, 2004), chamadas de conjunto de funções de base. A descrição mais simples é realizada através do conjunto mínimo de base, o qual contém exatamente o número de funções suficientes para descrever todos os elétrons de cada átomo, por exemplo: uma função para descrever os orbitais 1s dos átomos de hidrogênio e hélio, cinco funções (1s, 2s e três 2p) para descrever os orbitais dos átomos de Li até o Ne e assim por diante (OLIVEIRA, 2010; SANT'ANNA, 2009).

Ocorre, no entanto, que a utilização do conjunto de base mínimo, na maioria das vezes, não fornece resultados acurados (ATKINS; PAULA, 2008), uma vez que não é considerada a expansão e contração dos orbitais quando estão no ambiente molecular (SANT'ANNA, 2009). Portanto, a descrição dos orbitais pode ser melhorada a partir do aumento do número de funções para cada orbital; é possível, por exemplo, através de conjuntos de base do tipo *double-zeta* (DZ), empregar duas funções de base para cada função no conjunto de base mínimo, ou, para conjuntos do tipo *triple-zeta* (TZ), empregar três funções de base (OLIVEIRA P., 2010).

Para além do aumento no número de funções de base por orbital, é necessário, também, considerar os efeitos da polarização dos orbitais atômicos quando uma ligação química é formada. Assim, é usualmente empregada uma correção através de funções de polarização, as quais adicionam funções de base com valores mais altos do número quântico azimutal (l); adota-se, por exemplo, funções de base do tipo p para modelar a distorção do orbital $1s$ (OLIVEIRA P., 2010). A utilização de funções de polarização é indicada pelos símbolos (*) ou (d, p etc.) (PEREIRA, 2008).

Um outro grupo de funções de base, as funções difusas, possibilitam uma melhor descrição de sistemas que tenham grandes densidades eletrônicas, como ânions, pares de elétrons livres, átomos metálicos em estado neutro e estados excitados, por exemplo (SANT'ANNA, 2009; OLIVEIRA P., 2010). As funções difusas descrevem, portanto, orbitais aumentados em termos de tamanho e que ocupam uma maior região no espaço. No que concerne à notação, os conjuntos de função de base que apresentam funções difusas nos orbitais s e p dos átomos são representados por (+), ao passo que a representação (++) indica que foram adicionadas, também, funções difusas aos átomos de hidrogênio (PEREIRA, 2008).

A modelagem de átomos pesados, que estão além da 3ª fila da tabela periódica, requer um número muito grande de funções de base para descrever todos os elétrons, uma vez que, a despeito de estes elétrons extras serem internos e, portanto, relativamente inertes do ponto de vista químico, os mesmos carregam uma grande parte da energia do sistema (SILVA, 2004), especialmente no que concerne à energia de correlação eletrônica. Uma solução radical para esta problemática foi proposta por Hans Hellmann, em 1935, e consiste em substituir os elétrons internos e o núcleo por um potencial efetivo, representado por funções analíticas, as quais ficaram conhecidas como potenciais efetivos de caroço (do inglês, *effective core potentials*, ECP's) (CRAMER, 2004), ou pseudopotenciais.

Deste modo, os elétrons de caroço são descritos por funções apropriadas, ao passo que os elétrons de valência são tratados explicitamente (JENSEN, 2007), o que reduz consideravelmente a demanda computacional. Um dos pseudopotenciais mais utilizados, proposto por Hay e Wadt (1985), é o LANL (*Los Alamos National Laboratory*), o qual fornece parâmetros para uma série de elementos da tabela periódica, do potássio (K) ao ouro (Au).

Assim, é perceptível que a complexidade computacional associada à resolução da função de onda cresce exponencialmente conforme aumenta o número de elétrons presentes no sistema a ser modelado (FRIESNER, 2005). Por este motivo, na abordagem quântica, o pesquisador opta pela utilização dos métodos *ab initio*, o qual é completamente teórico e procura resolver todas as integrais sem nenhuma aproximação empírica, ou pela utilização dos

métodos semi-empíricos, nos quais o número de integrais a ser calculado é significativamente diminuído pela implementação de parâmetros experimentais, como dados espectroscópicos ou associados a propriedades físicas (ATKINS; PAULA, 2008).

Nas metodologias *ab initio*, a principal fonte de erros está relacionada com o conjunto de funções de base selecionado e ao nível com o qual é tratada a correlação eletrônica (BARREIRO *et al.*, 1997). A principal desvantagem dos métodos *ab initio* é a grande demanda computacional, uma vez que, como já mencionado, estes métodos resolvem a função de onda sem parametrizações empíricas e, neste sentido, em geral, o pesquisador deve analisar uma espécie de *trade-off* entre a qualidade dos resultados e o custo computacional associado ao cálculo (BARRIL; SOLIVA, 2006).

Os métodos semi-empíricos surgem, portanto, como uma possibilidade de obter resultados cientificamente confiáveis com um custo computacional reduzido. A principal desvantagem dos métodos semi-empíricos está centrada no fato de que só é possível modelar sistemas que contêm elementos para os quais existem parâmetros empíricos (SANT'ANNA, 2009). Os métodos mais recentes e amplamente utilizados são o AM1 (*Austin Model 1*) e PM3 (*Parametric Model 3*) (BARREIRO *et al.*, 1997).

Os métodos mecânico-quânticos (ou métodos baseados na função de onda) apresentados até aqui concentram-se na resolução da equação de Schrödinger, utilizando ou não parametrizações de dados experimentais. Além destes, uma alternativa amplamente utilizada e que vem se tornando popular nos últimos anos é a Teoria do Funcional de Densidade (*Density Functional Theory*, DFT). O formalismo DFT utiliza algumas aproximações que apresentam um bom equilíbrio entre custo computacional e acurácia dos resultados, de modo que é possível estudar sistemas consideravelmente maiores com relação ao que é permitido pelos métodos *ab initio*, obtendo resultados com uma precisão parecida ou, em alguns casos, até melhorada (DIAS, 2012).

Em termos genéricos, a abordagem DFT fundamenta-se em dois postulados básicos: (i) tanto a função de onda de um estado fundamental quanto todas as propriedades deste são funcionais da densidade eletrônica e (ii) a energia total do estado fundamental de um sistema multieletrônico pode ser descrita pela Equação 3 (MORGON; CUSTODIO, 1995).

$$E_v[\rho(r)] = \int v(r)\rho(r)dr + F[\rho] \quad (3)$$

Na equação supracitada, $v(r)$ corresponde ao potencial externo, isto é, ao campo eletrostático que é gerado pelos núcleos, $F[\rho]$ corresponde a um funcional constituído pelos

termos de energia cinética e potencial (de Coulomb e não clássico) (DIAS, 2012) e $\rho(r)$ é a densidade em função das coordenadas eletrônicas (r). A Equação 3 é derivada dos teoremas de Pierre Hohenberg e Walter Kohn (HK), de 1964, que forneceram os fundamentos básicos da DFT moderna (ABREU, 2004). A partir da definição do funcional de HK, Kohn e Sham (1965) propuseram uma nova descrição para o funcional de energia, mostrada na Equação 4.

$$E_v[\rho(r)] = T_s[\rho(r)] + U[\rho(r)] + E_{xc}[\rho(r)] \quad (4)$$

Na nova equação, $T_s[\rho(r)]$ corresponde à energia cinética dos elétrons independentes (não-interagentes), $U[\rho(r)]$ é a descrição clássica da interação de Coulomb e $E_{xc}[\rho(r)]$ é o potencial de troca e correlação eletrônica. A maior problemática associada à metodologia DFT é a obtenção do funcional de troca-correlação, uma vez que o procedimento matemático utilizado para obter a energia é similar ao que é utilizado no método HF (PEREIRA, 2008). Além disto, a qualidade dos resultados em termos de acurácia depende, essencialmente, do termo utilizado para descrever este potencial (MORGON; CUSTODIO, 1995).

Ao longo dos anos, tem sido recorrente a realização de esforços no sentido de se obter descrições apropriadas para $E_{xc}[\rho(r)]$. Para Dias (2012), os funcionais desenvolvidos nos últimos anos podem ser categorizados em três grandes grupos: (i) aproximação de densidade local (*Local Density Approximation*, LDA), na qual os funcionais dependem somente da densidade eletrônica e, em geral, fornecem descrições consideravelmente pobres do termo de troca-correlação para regiões de ligação química; (ii) aproximação de gradiente generalizado (*Generalized Gradient Approximation*, GGA), a qual inclui a dependência do gradiente de densidade eletrônica, $\nabla[\rho(r)]$, na parametrização do funcional; e (iii) funcionais híbridos, assim chamados por considerarem dados empíricos na descrição do potencial de troca-correlação eletrônica.

O funcional híbrido B3LYP é o mais utilizado em cálculos DFT (SANT'ANNA, 2009). O método é descrito pelo funcional de troca de Becke associado a três parâmetros empíricos decorrentes de dados termodinâmicos (daí o B3) e pelo funcional de correlação de Lee-Yang-Parr (indicado pela sigla LYP) (SILVA, 2004). Os parâmetros derivados de abordagens experimentais introduzidos nos funcionais híbridos, para além de aumentar a acurácia dos resultados, diminuem o custo computacional.

Nos últimos anos, o tamanho dos sistemas químicos modelados computacionalmente tem crescido consideravelmente, o que deve estar associado à evolução das técnicas e melhorias

no poder de armazenamento e processamento dos computadores (DIAS, 2012). Já é possível, portanto, utilizando Métodos Híbridos (MQ/MM), tratar diferentes partes de um sistema químico grande com um nível de teoria específico; é viável, por exemplo, descrever uma parte de sistemas complexos pelos campos de força clássicos da MM, ao passo que os métodos quânticos modelam uma outra região específica (SILVA, 2015).

A ideia central, nas metodologias MQ/MM, é que o cálculo quântico modele a região na qual se necessita de um melhor nível de teoria, ao passo que os métodos da MM se limitam ao restante do sistema (DIAS, 2012). Este avanço, portanto, permite que diferentes tipos de abordagens, de naturezas diversas, possam ser utilizados para a modelagem de sistemas cada vez mais complexos, para além de possibilitar uma melhor relação custo-benefício em termos de recurso computacional e acurácia nos resultados obtidos.

Deste modo, a Modelagem Molecular tem se mostrado fundamental no desenvolvimento científico das últimas décadas, uma vez que é possível obter resultados com um elevado grau de confiança em um nível de aprofundamento submicroscópico que possibilita a compreensão das mais íntimas e singulares características da matéria, dos seus processos e fenômenos. O desenvolvimento de técnicas dessa natureza viabiliza, também, a ressignificação do próprio conceito de experimentação, uma vez que o mesmo não mais se restringe aos ensaios em laboratórios de bancada, mas extrapola esses espaços, permitindo que os avanços científicos sejam construídos sob o véu das mais diversas formas do conhecimento humano.

4. METODOLOGIA

Esta pesquisa apresenta um caráter essencialmente qualitativo, porém alguns aspectos quantitativos também estarão presentes nas análises dos dados. Compreende-se, deste modo, que a perspectiva qualitativa não rejeita a quantificação, de forma que o pesquisador pode realizar uma análise estatística, de natureza quantitativa e de forma não sofisticada, e apresentá-la quando julgar necessário (BARDIN, 1977), consubstanciada e qualificada pelos métodos da pesquisa social, a fim de atribuir significados reais e contextuais aos resultados numéricos.

O presente trabalho foi realizado no curso de Química-Licenciatura, com sede no Campus do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE/CA). Esta seção será descrita em três momentos metodológicos distintos, porém correlacionados entre si e atrelados aos objetivos específicos deste trabalho: a análise dos dados obtidos por um questionário, no semestre 2018.1, que corresponde ao diagnóstico do curso no que concerne à pesquisa científica; a realização do I SPCAgreste, entre 21 e 23 de novembro de 2018; e a proposição de uma experiência CURE, a fim de exemplificar a aplicabilidade da mesma em um contexto real de ensino. Cada etapa tem aspectos metodológicos específicos e os mesmos serão descritos nas próximas subseções.

O DIAGNÓSTICO DO CURSO DE QUÍMICA-LICENCIATURA

No semestre 2018.1, durante a disciplina Metodologia da Pesquisa Educacional, o pesquisador aplicou um questionário (Apêndice A) em todas as turmas do curso de Química-Licenciatura, incluindo, na pesquisa, alunos que excederam o tempo mínimo de integralização do curso em até 3 anos. O objetivo central do questionário era investigar se o curso oferece oportunidades de pesquisa para os estudantes, bem como os mecanismos de seleção e as concepções dos estudantes no que concerne à importância da pesquisa científica para as suas formações.

Os dados obtidos pela aplicação do questionário, neste trabalho, foram analisados a partir da Análise de Conteúdo (AC), sendo este um método de análise composto de várias técnicas cujo objetivo é descrever o conteúdo emitido no processo da comunicação, seja por via oral ou textual, proporcionando o levantamento de indicadores e possibilitando a realização de inferência de conhecimentos (BARDIN, 1977), ou seja, trata-se de um método de análise qualitativa que permite tecer conclusões acerca de um conjunto de dados obtidos através da comunicação.

No que concerne ao procedimento metodológico na AC, Bardin (1977) sugere três etapas principais para o tratamento e análise dos dados: a pré-análise, a exploração do material e a etapa de interpretação e inferências. Na primeira etapa, a pré-análise, ocorre a realização de uma leitura flutuante dos dados na perspectiva de identificar o *corpus* de investigação. Nesta análise, ter respondido, simultaneamente, às questões 2, 3 e 8 do questionário foi o principal critério de seleção do corpus de investigação, uma vez que estas questões estão diretamente associadas aos objetivos específicos deste estudo.

Na exploração do material, os dados são codificados e são identificadas as unidades de registro para, a posteriori, ocorrer a categorização dos mesmos. O processo de categorização é central na AC e Bardin (1977) estabelece alguns critérios básicos aos quais as categorias devem obedecer: homogeneidade (as categorias devem ser criadas com base, igualmente, em uma dimensão de análise comum), exclusão mútua (um elemento pode existir em somente uma categoria), fidedignidade (as categorias devem ser bem definidas e os pré-requisitos para a inclusão dos elementos devem ser claros) e exaustividade (a totalidade da comunicação deve ser considerada, sem excluir nenhum elemento).

Na terceira e última etapa da AC são realizadas interpretações e inferências sobre os dados obtidos, relacionando com o contexto global e com o arcabouço teórico de conhecimentos. Neste trabalho, se fez necessário criar categorias e subcategorias englobadas dentro de duas classes temáticas gerais, uma vez que as unidades de registro abordavam elementos diversos. A categorização permitiu organizar um grande número de dados sem desvinculá-los do contexto original de escrita. Ademais, um sistema próprio de codificação foi criado para facilitar o manejo dos dados neste trabalho.

O I SEMINÁRIO DE PESQUISA CIENTÍFICA DO AGRESTE

O I SPCAgreste é um evento científico, idealizado pelo pesquisador, que foi realizado entre 21 e 23 de novembro de 2018 com o objetivo de, para além de divulgar a ciência e os diversos grupos de pesquisa atuantes na casa, promover uma maior integração dos alunos do Núcleo de Formação Docente (NFD) da UFPE/CA. Assim, O I SPCAgreste foi aberto para todos os alunos dos cursos de licenciatura do NFD. As inscrições do evento foram realizadas virtualmente, por meio do preenchimento de um formulário, apresentado no Apêndice B deste trabalho, e não havia critérios de inscrição, de modo que todos os estudantes interessados foram contemplados. Detalhes acerca da programação e realização do evento serão discutidos na seção de resultados e discussão.

No último dia do evento, 23 de novembro de 2018, houve a aplicação de um questionário baseado em uma escala psicométrica do tipo Likert (Apêndice C), a qual solicitava que os respondentes informassem o grau de concordância com uma série de afirmativas relacionadas ao evento. Para cada item da resposta, é atribuída uma atitude do entrevistado em termos de concordância (MATTAR, 2001), de modo que uma escala quantitativa é atribuída a cada um dos itens qualitativos da seguinte forma: discordo totalmente (1), discordo (2), neutro (3), concordo (4) e concordo totalmente (5). A escala Likert foi escolhida como instrumento de coleta de dados desta etapa do trabalho em virtude da restrição temporal associada ao planejamento e à escrita dos resultados de todas as atividades propostas no mesmo, de modo que uma metodologia de coleta mais simples se mostrou necessária nesta etapa, o que não compromete, em nenhum nível, a acurácia e a qualidade dos resultados obtidos.

O questionário foi respondido por todos os estudantes que se fizeram presentes no último dia do SPCAgreste, sem fazer distinção de curso. A fim de investigar o interesse dos estudantes do curso de Química-Licenciatura com relação à experiência CURE proposta neste trabalho, uma parte extra do questionário foi respondida somente pelos alunos desse curso e continha, basicamente, perguntas abertas e fechadas sobre a experiência dos mesmos com Química Computacional (QC), as disciplinas que já cursaram durante o curso de graduação e sobre a disponibilidade dos mesmos.

Para analisar os dados quantitativos obtidos na escala Likert, foi utilizado o método do Ranking Médio (RM) proposto por L. Oliveira (2005), no qual o valor do RM foi calculado para cada afirmativa através da Equação 5 apresentada a seguir.

$$RM = \frac{\sum f_i \cdot v_i}{NS} \quad (5)$$

Na Equação 5, f_i corresponde à frequência da resposta (número de vezes em que foi dada) para cada afirmativa, ao passo que v_i corresponde ao valor atribuído à afirmativa em cada nível qualitativo de concordância; NS é o número de sujeitos respondentes. No caso da escala Likert utilizada, quando mais próximo de 5 for o valor do RM, maior será o nível de concordância geral com a afirmativa analisada. Também serão apresentados os dados numéricos obtidos em termos percentuais.

Por fim, os dados quantitativos foram interpretados qualitativamente à luz do referencial teórico deste trabalho, realizando inferências sobre as principais contribuições do I SPCAgreste

no que diz respeito à atividade de pesquisa científica na universidade e à formação dos participantes, bem como projeções do evento para futuras edições.

A PROPOSTA CURE

O terceiro e último momento metodológico deste trabalho corresponde à proposição de uma experiência CURE com base nos fundamentos teóricos discutidos até então. Nesta etapa, foi predominante a análise bibliográfica, de modo que foram identificados, na literatura, os principais trabalhos que descreviam e analisavam uma experiência CURE na área de Química, especificamente, haja vista que trabalhos desta natureza na área de biologia mostraram-se bastante comuns durante as buscas.

Para realizar as buscas na literatura, foram estabelecidos os seguintes critérios: trabalhos publicados, efetivamente, nos últimos 10 anos, o que é coerente quando se considera que as propostas CURE são recentes; publicações revisadas por pares; e trabalhos publicados em línguas portuguesa e inglesa. As chaves de busca utilizadas foram: *Course-based undergraduate research experience; Chemistry; CUREs; Course-embedded undergraduate research experience; experiências CURE*. Foi realizada uma filtragem dos resultados através da inserção do termo “*not biology*” no mecanismo de buscas, a fim de eliminar todos os trabalhos da área de biologia.

Todas as buscas foram feitas nas seguintes plataformas: CAPES, ERIC, Google Acadêmico e *Web of Science*. Inicialmente, todos os resultados obtidos tiveram seus resumos lidos cuidadosamente, de modo que era identificado, neste momento, se o trabalho estava ou não relacionado com o Ensino de Química, seja relatando experiências CURE ou propondo-as. Se o resumo, de fato, satisfizesse esse pré-requisito, prosseguia-se com a leitura do trabalho inteiro para determinar o *corpus* bibliográfico que seria utilizado nesta pesquisa.

O currículo do curso de Química-Licenciatura também foi analisado, uma vez que as experiências CURE ocorrem no seio das disciplinas institucionais. Na análise, foram observados os conteúdos e as cargas horárias que foram destinadas à abordagem dos mesmos. Essa etapa de análise do currículo não ocorreu de forma aprofundada, de modo que o objetivo era meramente caracterizar as disciplinas do curso e analisar a matriz curricular sob uma perspectiva mais genérica.

Para investigar se os estudantes estariam ou não interessados em participar de um projeto de pesquisa que envolvesse Química Computacional, visto que esta é a proposta CURE deste trabalho, o Apêndice C, o questionário aplicado no final do SPCAgreste, continha uma

seção destinada somente aos estudantes de Química onde essa pergunta era realizada. Como a pesquisa em Química Teórica e Computacional não é comum para a grande maioria dos estudantes, se fez necessário verificar se eles estariam ou não interessados a fim de justificar a proposição de um projeto nesta área.

É importante mencionar que esse é o primeiro trabalho, no curso, que propõe a abordagem CURE articulada às disciplinas, de modo que é necessário que o projeto proposto possa ser desenvolvido utilizando uma metodologia computacional de simples compreensão e execução, uma vez que nem os estudantes têm experiência com pesquisa ou com a área e nem os docentes têm experiências em projetos de pesquisa desenvolvidos por um número tão grande de estudantes. Estes foram alguns dos elementos levados em consideração na proposição da abordagem CURE e no que se espera dos resultados da mesma.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, serão apresentados e discutidos os principais resultados obtidos nesta pesquisa, organizando-os nas seguintes subseções: o desenvolvimento de pesquisas científicas no curso de Química-Licenciatura da UFPE/CA, I SPCAgreste: discutindo o pesquisar, a pesquisa e o pesquisador e uma proposta CURE para a universidade ensino-pesquisa. Os resultados serão problematizados de acordo com a sequência metodológica com a qual foram obtidos, sendo preponderante rememorar que a coleta de dados foi realizada no primeiro e segundo semestre de 2018.

Como a coleta de dados deste trabalho ocorreu durante o período de um ano, foi possível não somente identificar a problemática da pesquisa científica, mas também atuar sobre ela, de modo que os resultados obtidos dizem respeito tanto ao diagnóstico e reflexões acerca da temática-problema, quanto às principais medidas tomadas, intervenções realizadas e propostas, o que permite considerar que este trabalho, efetivamente, foi capaz de impactar a comunidade acadêmica local, formada por estudantes, técnicos e professores da UFPE/CA. Os efeitos da ação deste trabalho em curto prazo são identificados e discutidos nas subseções seguintes.

O DESENVOLVIMENTO DE PESQUISAS CIENTÍFICAS NO CURSO DE QUÍMICA-LICENCIATURA DA UFPE/CA

Com o objetivo de caracterizar os diversos tópicos associados ao desenvolvimento de pesquisa científicas no curso de Química-Licenciatura da UFPE/CA, foi aplicado um questionário qualitativo (Apêndice A). Os tópicos investigados dizem respeito à compreensão e concepção dos estudantes sobre a definição conceitual de pesquisa científica, as oportunidades de pesquisa que o curso oferece e as percepções dos estudantes com relação à importância da pesquisa científica tanto para a formação quando para a atuação docente.

Foram contemplados, na aplicação do questionário (Apêndice A), conforme descrito no item 4.1 da metodologia deste trabalho, os 166 estudantes matriculados no curso de Química-Licenciatura da UFPE/CA no semestre 2018.1 que estavam presentes no dia da aplicação, incluindo os estudantes que excederam o tempo mínimo de integralização do curso (dez semestres, isto é, cinco anos) em até três anos. A aplicação do questionário ocorreu de forma presencial em todos os períodos durante os horários regulares de aula.

Na primeira etapa de AC, o objetivo era delimitar o *corpus* de investigação, ou seja, selecionar os questionários que seriam analisados pelas etapas posteriores. O critério para

selecionar o *corpus* foi ter respondido, de forma integral, às perguntas 2, 3 e 8 do questionário, as quais foram escolhidas por se relacionarem diretamente com a concepção que os estudantes tinham acerca do que seria pesquisa científica e qual a importância da mesma em suas formações e perspectivas profissionais. O Quadro 1 apresenta as perguntas supracitadas.

Quadro 1 – Perguntas utilizadas como critérios para seleção do *corpus* de investigação.

PERGUNTAS
<i>Questão 2.</i> Qual a sua concepção sobre pesquisa científica?
<i>Questão 3.</i> Na sua percepção, o seu curso de graduação oferece oportunidades de pesquisa científica para os alunos? Justifique.
<i>Questão 8.</i> Como você acha que a pesquisa científica desenvolvida na universidade pode auxiliar na sua carreira profissional?

Fonte: os autores (2019)

Quando se fala, nesta pesquisa, em formação, considera-se a formação de professores, visto que a mesma foi realizada em um curso de licenciatura. Entretanto, sabe-se que um número razoavelmente grande de licenciandos, em linhas gerais, não tem interesse em atuar na docência por diversos motivos, sendo que o principal deles é a desvalorização da profissão docente (FONTOURA; FERNANDES, 2014), de modo que se fez necessário, também, ponderar acerca das perspectivas profissionais dos estudantes através da pergunta 8 do questionário. Desta maneira, a despeito da necessidade de considerar a formação, julgou-se, também, necessário avaliar as pretensões dos participantes do ponto de vista da atuação profissional e anseios para o futuro.

Após a análise inicial, 18 questionários foram eliminados do *corpus* de investigação por não satisfazerem o critério básico de seleção. Deste modo, foram analisados, nas etapas seguintes da AC, 148 questionários, sendo este um número significativo, o que é um fator positivo no que concerne ao nível de confiança desta pesquisa e em sua capacidade de descrever em detalhes a realidade sob investigação. O maior número de questionários (14,2%) foi obtido na turma do primeiro período do curso, o que é de se esperar no contexto em questão, haja vista que as salas de períodos iniciais, de fato, têm mais estudantes do que as demais.

Da análise quantitativa dos dados obtidos, foi verificado que 57,4% dos estudantes escolheram o curso de Química-Licenciatura como primeira opção de ingresso na universidade. Para os que não escolheram, a área de concentração de interesse era Ciências Biológicas e áreas relacionadas à saúde, de modo geral. Uma hipótese inicial deste trabalho era que os alunos que escolheram o curso como primeira opção estariam mais envolvidos com pesquisa do que os

demais, o que poderia ser analisado quantitativamente. Os resultados, por outro lado, mostraram que esta hipótese não poderia ser confirmada, haja vista que os números obtidos não permitem fazer esta afirmativa com uma margem razoável de confiabilidade.

No que tange aos alunos que desenvolveram ou desenvolviam (considerando que os dados foram coletados no primeiro semestre de 2018) pesquisas na graduação, verificou-se que somente 23,6% o fizeram/faziam. É prudente lembrar que, nesta pesquisa, foram investigados estudantes de todos os 10 períodos do curso, incluindo alunos que excederam o tempo mínimo de integralização do mesmo em até três anos. Desta maneira, de fato, o número de estudantes que participaram/participavam de projetos de pesquisa é ínfimo com relação ao total de estudantes investigados, mesmo quando se desconsidera os estudantes do primeiro período, os quais, naturalmente, não estão envolvidos com projetos de pesquisa.

Como programas de IC são, reconhecidamente, os principais mecanismos através dos quais a pesquisa é ofertada, a nível graduação, nas universidades, pode-se concluir, concordando com Massi (2008), que estes programas são pouco abrangentes e não foram capazes de contemplar uma parcela significativa do corpo discente do curso investigado. Esta situação é bastante problemática, especialmente quando se considera a legislação educacional (Constituição Federal e LDB/96) que determina que a pesquisa seja incorporada nas práticas acadêmicas em nível de graduação.

Além do mais, quando se considera que os mecanismos de acesso à pesquisa são basicamente os mesmos em qualquer curso de graduação e considerando a realidade do curso investigado, é possível ponderar que não somente os demais cursos do campus sede desta pesquisa apresentam similaridades no que se refere à realização de pesquisas científicas por parte dos participantes, mas também cursos à nível nacional que dependem das políticas públicas e institucionais de acesso à pesquisa. Considerações semelhantes já foram levantadas na literatura (CALAZANS, 2002; BRIDI; PEREIRA, 2004; MASSI, 2008; PATRICIO *et al.*, 2011), porém questões desta natureza não são recorrentemente investigadas no contexto brasileiro, o que aumenta o nível de gravidade da problemática, a qual urge por possíveis soluções.

Do total de 35 alunos que participaram/participavam de algum projeto de pesquisa, 20 atuaram/atuavam na área de Química Aplicada, ao passo que 15 estiveram/estavam na área de Ensino de Química. Não é possível afirmar, entretanto, que a maioria dos alunos que fez/fazia pesquisas está interessado em uma área em detrimento da outra por dois motivos: primeiramente, o quantitativo de alunos participantes de pesquisas é demasiadamente pequeno para realizar qualquer inferência lógica com uma razoável confiabilidade estatística e, em

segundo lugar, os mecanismos e procedimentos institucionais que garantiram estas vagas especificamente para estes alunos não foram investigados de forma aprofundada.

Contudo, é prudente mencionar que um curso de licenciatura deve, a nível institucional, garantir oportunidades de pesquisa para que os estudantes possam adquirir experiências tanto na área de ensino quanto na área aplicada do que se deseja ensinar. Além do mais, a própria formação do professor perpassa pela formação específica na área aplicada, uma vez que acredita-se que se deve conhecer profundamente aquilo que se deseja ensinar e, em concordância com D'Ambrósio (1998), esta apropriação do conhecimento específico poderá ser melhor realizada a partir do fazer concreto consubstanciado pelas atividades de pesquisa científica, o que pode garantir mais confiança ao professor com relação ao processo de ensino e aprendizagem.

Além disto, a formação pelo curso de Química-Licenciatura habilita o discente para trabalhar como químico, com perfil profissional que lhe permite atuar na área de análises químicas e controle de qualidade, para além de se dedicar à pesquisa acadêmica e na produção industrial (BRASIL, 2014). Portanto, acredita-se que o próprio perfil do curso e as áreas de atuação possíveis para o egresso justificam a necessidade de se realizar uma formação sólida, a qual pode ser consubstanciada por projetos de pesquisa na área aplicada, como vem sendo defendido neste trabalho.

Do total de 113 alunos que não desenvolveram pesquisas na graduação, 4 responderam que não tinham interesse, 6 confundiram pesquisa com extensão e 11 alunos não responderam. As respostas consideradas, no entanto, permitiram concluir que a maioria dos alunos que não teve contato com pesquisas tem interesse em experiências de pesquisa na área de Química aplicada (73 alunos) em detrimento do Ensino de Química (19 alunos), o que torna mais evidente a justificativa de que o curso deve oferecer oportunidades de pesquisa em ambas as áreas.

Uma hipótese para justificar a disparidade no número de alunos que tem interesse na pesquisa em Química Aplicada com relação ao Ensino de Química fundamenta-se no fato de que o curso de Química-Licenciatura exige que os estudantes, no Trabalho de Conclusão de Curso, desenvolvam pesquisas na área de Ensino de Química, de maneira que há a possibilidade de que os estudantes, em sua maioria, tenham interesse na pesquisa em Química Aplicada porque sabem que deverão ter experiências de pesquisa em Ensino de Química nos períodos finais do curso. Contudo, esta hipótese não foi investigada neste trabalho.

No questionário aplicado, perguntou-se, também, quais eram as perspectivas de atuação profissional dos estudantes após a experiência de graduação. Nesta análise, considerou-se

somente as respostas dos estudantes que assinalaram somente uma opção, o que indica uma certa certeza do estudante com relação às suas perspectivas profissionais. No total, 37 estudantes assinalaram mais de uma e 1 estudante não respondeu. Dentre os graduandos cujos questionários foram analisados para esta pergunta, a maioria dos estudantes que participou de projetos de pesquisa (76,2%) pretende atuar na universidade como professores. O mesmo resultado é confirmado para os estudantes que não participaram de projetos de pesquisa, porém com um percentual bem menor (37,0%).

Com base nestes dados, é possível propor que deve haver uma relação direta entre o desenvolvimento de pesquisas científicas, na graduação, e o desejo de permanecer pesquisando em nível universitário. De fato, um dos aspectos que motivam os estudantes a participarem de projetos de pesquisa é o desejo de seguir a carreira acadêmica (BRIDI; PEREIRA, 2004). Além disto, como os projetos de pesquisa colocam o estudante, desde cedo, em contato com atividades de natureza científica, espera-se que eles contribuam com a formação de pesquisadores em potencial, haja vista que o envolvimento com projetos desta natureza deve ser um dos elementos centrais nesta formação (PINHO, 2017).

As perguntas de natureza discursiva, como mencionado, foram analisadas por meio da AC. Devido ao grande número de dados, se fez necessário organizar os mesmos em classes temáticas, categorias e subcategorias, as quais organizam-se em uma relação hierárquica autoexplicativa que considera a generalização e o contexto dos discursos analisados. As classes e categorias temáticas são apresentadas na Tabela 1, a seguir, bem como o sistema de codificação utilizado no manejo de dados.

A partir da análise dos dados, como pode ser visto na Tabela 1, duas classes temáticas gerais foram criadas: (i) considerações gerais sobre a pesquisa científica, na qual elementos discursivos sobre concepções sobre pesquisa, possibilidades oferecidas pela mesma e oportunidades oferecidas no curso de graduação foram contemplados; (ii) a importância da pesquisa científica para a carreira profissional, na qual os benefícios para a formação pessoal e profissional e os benefícios para a atuação profissional foram contemplados. As subcategorias criadas são os elementos discursivos englobados em cada uma das categorias e, portanto, são os parâmetros que dão sentido às mesmas. A apresentação dos resultados qualitativos e da discussão dos mesmos será realizada por subtópicos nesta seção.

Tabela 1 – organização das categorias e subcategorias pertencentes a cada classe temática e seus códigos.

CLASSE TEMÁTICA	CATEGORIAS	SUBCATEGORIAS	CÓDIGOS
Considerações Gerais sobre a Pesquisa Científica	Concepções sobre Pesquisa científica (CP)	- Atividade fundamental para o ser humano e para a sociedade (AF); - Atividade sistematizada, com rigor metodológico (AM); - Perspectivas tradicionais de compreensão (PC)	CPAF CPAM CPPC
	Possibilidades Oferecidas pela Pesquisa Científica (PP)	- Desenvolvimento científico, social e humano (DV); - Benefícios para o Pesquisador (BP);	PPDV PPBP
	Oportunidades para o Desenvolvimento de Pesquisas Científicas no curso (ODP)	- Quantitativo de oportunidades, área de pesquisa e divulgação (QO); - A seleção e seus critérios (SC);	ODPQO ODPSC
A Importância da Pesquisa Científica para a Carreira Profissional	Benefícios para a Formação Profissional e Pessoal (BF)	- Aspectos curriculares e desenvolvimento pessoal (AC); - Habilidades adquiridas (HA);	BFAC BFHA
	Benefícios para a Atuação Profissional (BA)	- Prática docente e o processo de ensino e aprendizagem (PEA)	BAPEA

Fonte: os autores (2019)

Além do mais, durante a análise e discussão dos resultados, serão invocados os códigos identificadores de cada subcategoria e categoria apresentadas na Tabela 1. As respostas utilizadas como exemplos na discussão serão procedidas do código QX, onde Q representa a palavra questionário, ao passo em que X representa o número do questionário do qual foi retirada a resposta. Como o número de questionários analisados quanti e qualitativamente foi bastante elevado, se faz necessário identificar os mesmos a fim de gerenciar melhor a organização dos dados obtidos.

5.1.1. Considerações gerais sobre a pesquisa científica

Nesta dimensão, foram considerados todos os elementos discursivos que diziam respeito aos aspectos gerais associados à pesquisa científica, como: concepção dos estudantes, possibilidades oferecidas pela mesma em diversos níveis e oportunidades oferecidas pelo curso. No que concerne às **concepções sobre pesquisa científica (CP)**, primeira categoria de análise

criada, foram criadas três subcategorias. A primeira deles diz respeito à concepção de pesquisa científica como uma atividade fundamental para o desenvolvimento do ser humano e da sociedade (CPAF), conforme respostas obtidas a seguir, as quais afirmam que

[A pesquisa científica é de] suma importância, pois é mediante as pesquisas que o homem tem a possibilidade de ajudar a sociedade trazendo melhorias em diversas áreas (Q15).

Pesquisa científica é observar, produzir, coletar, refletir e avaliar fenômenos, de forma a trazer soluções úteis para a sociedade ou crescimento da ciência como um todo (Q30).

Acho que é uma área boa e que traz vários benefícios para a sociedade (Q137).

Qualquer pesquisa realidade que produza conhecimentos e traga benefícios à sociedade (Q93).

Nota-se que, na resposta do Q15, o estudante não propriamente define pesquisa científica em nível conceitual, porém menciona sua importância para a sociedade como forma de justificar o porquê de considerar esta atividade como importante. No Q30, por outro lado, a estudante menciona uma série de verbos que, no nível conceitual, para ela, define a atividade de pesquisa, para além de também perpassar pelo discurso de ser uma atividade fundamental para o desenvolvimento da sociedade.

O fato de os estudantes reconhecerem a importância do conhecimento científico para o desenvolvimento social, de modo geral, pode implicar em uma supervalorização do conhecimento científico em detrimento do senso comum. É possível considerar essa hipótese pois, em nenhuma das respostas analisadas nessa subcategoria, houve ponderação contrária. Além disto, a própria literatura considera que esta concepção povoa a mente de um número grande de pessoas e é conhecida como cientificismo, conferindo à ciência um *status* superestimado e superior às demais formas de conhecimento (CHALMERS, 1993).

Alguns estudantes, ainda nesta subcategoria, foram capazes de refletir brevemente acerca das influências políticas na oferta de pesquisa, uma vez que há uma relação direta entre investimento nas atividades científicas de um país e uma sociedade que se quer modernizada e atuante nas frentes científicas e tecnológicas. A resposta do Q113 discorre nessa perspectiva.

[Entendo que a pesquisa científica] *é de suma importância para o desenvolvimento e crescimento do país, que a mesma tem o poder de mudar a realidade se aliada a grandes investimentos (Q113).*

Conforme foi evidenciado, neste trabalho, a história da institucionalização das atividades de pesquisa nas universidades brasileiras é bastante tardia e repleta de rupturas e continuidades advindas, especialmente, da hegemonia política estabelecida no contexto de um país que, apesar de continental do ponto de vista geográfico, é repetidamente secundarizado nas relações de poder e nas demandas do capital. A atuação periférica nessas relações implica na necessidade de se produzir mão de obra barata para a manutenção da agenda capitalista dos países centrais, de tal forma que o investimento em ciência e na formação de pesquisadores – o que requer investir em educação – não tem sido a preocupação primeira da classe dominante que direciona e gerencia os recursos.

A segunda subcategoria diz respeito à compreensão da pesquisa científica como uma atividade sistematizada, com rigor metodológico (CPAM), na qual os estudantes argumentaram que compreendem pesquisa como uma atividade que parte de problemáticas definidas e é elaborada e sistematizada rigorosamente, sempre baseando as conclusões em uma análise detalhada de dados. De fato, o principal elemento que diferencia o conhecimento científico do senso comum é a rigorosidade metodológica com a qual o esse primeiro é construído. A resposta do Q87 é detalhada e considera diversos elementos acerca da pesquisa.

A pesquisa científica, não mais importante que as outras, possui características peculiares que são: a rigorosidade metódica, a necessidade da experimentação-observação-análise, a necessidade de uma metodologia específica e da impessoalidade do pesquisador (Q87)

Em geral, é essa forma metódica e teoricamente fundamentada de elaboração do conhecimento científico que faz com que o mesmo seja, muitas vezes, supervalorizado ou superestimado frente às demais formas de conhecimento (CHALMERS, 1993), algo que o estudante do Q87 é claramente contrário. Se mostrou comum, nas respostas, a menção da necessidade de se abordar uma temática inexplorada e de interesse tanto do pesquisador quanto da sociedade. De fato, as problemáticas investigadas em pesquisas científicas são advindas da subjetividade do próprio pesquisador, porém é importante mencionar que as pressões culturais,

sociais e econômicas também são determinantes na escolha de uma determinada temática a ser investigada (PEREIRA, 1995).

Ainda, pode-se identificar, na resposta do Q87, algumas visões que Gil Pérez *et al.* (2001) classificam como distorcidas, como: a rigidez com a qual se compreende o trabalho científico, evidenciada pela necessidade de sempre seguir uma metodologia específica sem espaços para a subjetividade de quem pesquisa e uma concepção empírico-indutivista e atórica, expressa pela tríade experimentação-observação-análise mencionada pelo estudante, desconsiderando, assim, o papel das hipóteses e dos conhecimentos teóricos do pesquisador na elaboração do conhecimento científico.

Na terceira subcategoria de análise deste trabalho, tem-se as perspectivas tradicionais de compreensão da ciência (CPPC), as quais, sem questionamento, foram as mais comuns entre os discursos analisados, de modo que a frequência das respostas nesta subcategoria foi bastante elevada. Percebeu-se, no entanto, que a maior parte dos estudantes que apresentavam esta compreensão estava nos períodos iniciais do curso de graduação quando o questionário foi aplicado. Algumas respostas classificadas nesta subcategoria são apresentadas a seguir.

Experimentos prontos que são replicados (Q74).

Comprovar teorias, por meio de dados. Pressupus já que a ciência tem que ser provada e pesquisa envolve dados (Q46).

É uma área em que se quantifica os resultados obtidos em certo estudo em foco (Q102).

Como a maioria dos alunos estava nos períodos iniciais do curso, espera-se que, com o andamento do mesmo, os estudantes sejam capazes de desconstruir este discurso tradicionalista que compreende o trabalho científico como sendo neutro, primando pela experimentação e pela observação como elementos centrais na construção do conhecimento científico e ignorando, portanto, o papel das hipóteses e do corpo de saberes teóricos nessa construção (GIL PÉREZ *et al.*, 2001).

Contudo, já se sabe que o ensino – incluindo o nível superior – não tem sido capaz de transmitir uma perspectiva holística de compreensão da produção de conhecimentos científicos, sendo limitado à construção de concepções que mais perpassam pelas compreensões empírico-indutivistas que se distanciam abundantemente da forma como são construídos esses conhecimentos (GIL PÉREZ *et al.*, 2001). Este trabalho atribui esta constatação às práticas de ensino que são desenvolvidas nas universidades brasileiras; em cursos de química, por exemplo,

as aulas experimentais têm sido reduzidas à mera comprovação de alguma teoria já estabelecida através de um roteiro pré-elaborado, o que ceifa o potencial emancipador da experimentação e perpetua a perspectiva tradicional de compreensão da ciência, de maneira que o caráter dialógico dominante na relação teoria-prática é desconsiderado, fortalecendo a compreensão de que o conhecimento científico é absoluto e imutável, necessitando, portanto, ser corroborado por atividades práticas (LÔBO, 2012; ZUIN; ZUIN, 2017).

É possível associar as práticas experimentais à concepção tradicional do conhecimento científico quando se considera a afirmativa do Q74, mencionado anteriormente, na qual o estudante claramente associa a realização de experimentos prontos e a replicação dos mesmos como sua definição para conhecimento científico, discurso amplamente associado às aulas experimentais e às práticas de laboratório realizadas no curso.

As práticas experimentais do tipo “receita de bolo”, entretanto, são comuns em todas as instituições de Ensino Superior do Brasil, de forma que a própria organização curricular dos cursos de graduação posicionam as disciplinas teóricas como concomitantes ou anteriores às disciplinas práticas, o que, por si só, já é uma ótica tradicional de compreender a ciência e a experimentação, haja vista que o papel da experimentação é reduzido à mera comprovação de enunciados teóricos (LÔBO, 2012).

Além disto, a resposta apresentada do Q102 indica que a ciência quantifica os resultados, sendo essa afirmativa deveras alarmante, em particular quando se considera que esta pesquisa foi realizada em um curso de licenciatura, no qual a grande maioria das pesquisas associadas ao ensino ou à educação, de modo geral, apresentam um caráter qualitativo. Deste modo, é possível inferir que o Q102 não considera as pesquisas qualitativas como construtoras de conhecimentos científicos, sendo esta, também, uma visão matematizada, positivista e tradicional de compreensão da ciência, necessitando, assim, de urgente desconstrução. Em linhas gerais, este trabalho defende que a desconstrução das óticas tradicionais de compreensão do conhecimento científico pode ocorrer no âmbito da sala de aula, através de metodologias de ensino que permitam integrar ensino e pesquisa.

Na segunda categoria de análise, as oportunidades oferecidas pela pesquisa científica (PP), foram criadas duas subcategorias. A primeira delas diz respeito ao desenvolvimento científico, social e humano (PPDV), na qual algumas unidades de registro foram: permite aperfeiçoar conhecimentos, ideias e interpretações sobre a ciência; possibilita descobrir novas coisas e construir novos conhecimentos e os resultados influenciam na vida em sociedade. A segunda subcategoria focou nos benefícios que a pesquisa científica traz para o pesquisador, tanto do ponto de vista pessoal, quanto do profissional.

Em geral, esta possibilidade de crescimento profissional é um dos principais aspectos que levam os estudantes de graduação a procurarem projetos de pesquisa, de acordo com resultados obtidos por Fernandes, Bessa e Silva (2013) em uma pesquisa que tinha o objetivo de investigar qual era o perfil de estudantes que se envolviam com IC. Também relacionado ao crescimento profissional, Massi (2008) aponta para as contribuições dos projetos de pesquisa do tipo IC na apropriação da linguagem científica por alunos de graduação em química.

Ainda com relação ao crescimento pessoal e profissional, alguns estudantes mencionaram exemplos específicos, como as respostas a seguir.

[...] auxilia em diversos fatores, entre eles a capacidade inventiva e o desejo pelo estudo (Q77).

Aprimora o desenvolvimento do aprendizado [...] (Q78).

É uma boa experiência para o aluno adquirir experiência para que no futuro lhe possa proporcionar mais conhecimentos como profissional (Q79).

[...] um projeto que agrega muita experiência ao aluno (Q106).

A pesquisa científica ajuda no desenvolvimento de artigos como também na melhoria do aprendizado de alguns conceitos químicos, por exemplo (Q138).

Os benefícios mencionados pelos estudantes, de forma geral, condizem com as pesquisas similares presentes na literatura. O trabalho de Massi (2008), em uma revisão de literatura, categorizou os três principais benefícios oferecidos por programas de IC, sendo: a melhoria do desempenho dos estudantes na graduação, o desenvolvimento pessoal, a construção de uma nova visão de ciência e a socialização profissional. Todos estes aspectos foram mencionados pelos estudantes nas respostas englobadas nesta subcategoria.

Este trabalho foca, especialmente, na possibilidade de construir conhecimentos previstos no currículo do curso através de atividades de pesquisa, o que, como já mencionado, corresponde a uma efetiva possibilidade de fazer valer a dialogia ensino-pesquisa previsto nos documentos oficiais e legislativos que regem as universidades brasileiras. Trata-se de um compromisso com o papel da universidade enquanto instituição de formação e com a inclusão de um número cada vez maior de estudantes em atividades de natureza científica.

Na terceira e última categoria de análise, as oportunidades de desenvolvimento de pesquisa científica no curso (ODP), foram criadas duas subcategorias. A primeira diz respeito

ao quantitativo de oportunidades de pesquisa, áreas e divulgação (ODPQO), na qual os estudantes argumentaram repetidas vezes que o curso oferece, sim, oportunidades de pesquisas, porém em um número bastante limitado de vagas. As respostas seguintes representam a percepção dos estudantes.

Oferece oportunidades, mas em número insatisfatório e/ou poucas áreas de pesquisa (Q22).

As áreas são poucas e alguns professores não nos dão a oportunidade de conhecer essas áreas e muito menos faz uma apresentação da mesma (Q31).

A oferta de pesquisas científicas tem ficado cada vez menor, mas entende-se que isso deriva do não repasse de investimentos e recursos por parte do governo (Q96).

Julgo ser carente essas oportunidades. Por exemplo, ainda não vi professores ofertando com frequência opções de acesso à pesquisa científica (Q87).

Em geral, as respostas indicam que a demanda é extremamente elevada para um número de vagas irrisório. Este discurso é reafirmado pelos estudos de Massi e Queiroz (2015) sobre os programas de IC e suas abrangências, de modo que os autores afirmam que, de fato, o número de bolsas é ínfimo e não é capaz de contemplar a maior parte do corpo estudantil de um curso de graduação. Ademais, este aspecto também é reafirmado pelos dados quantitativos obtidos neste trabalho, uma vez que se verificou que, dentre os estudantes pesquisados no primeiro semestre de 2018, somente 23,6% dos alunos do curso desenvolveram ou desenvolviam algum projeto de pesquisa científica.

Se faz necessário, também, ponderar que, quando este trabalho afirma, concordando com Massi e Queiroz (2015), que o número de bolsas é ínfimo, está sendo levado em consideração o programa de IC, de maneira que se reconhece que os estudantes também podem desenvolver projetos voluntários com os docentes, inserido em um grupo de pesquisa. Entretanto, deve ser levado em consideração, também, que o docente de instituições federais desenvolve atividades diversas que vão muito além do ensino, de maneira que o mesmo, muitas vezes, não consegue se dedicar aos projetos voluntários e, assim, contemplar outros estudantes. Este fato reafirma a necessidade de se desenvolver projetos de pesquisa no seio do processo de ensino e aprendizagem que ocorre na própria sala de aula.

É possível notar, pelas respostas, que ora os estudantes associam o baixo quantitativo de oportunidades aos próprios docentes, ora argumentam sobre o baixo repasse de recursos e investimentos por parte do governo. Considera-se que os dois aspectos são fundamentais, porém o segundo se mostra mais determinante no quantitativo da oferta de vagas, uma vez que para que o docente ofereça oportunidades de pesquisa, se fazem necessárias políticas públicas e institucionais que, efetivamente, possibilitem o desenvolvimento dos seus projetos de pesquisa. Apesar de este papel ser atribuído ao estado, já se sabe – e já foi discutido – que a construção de conhecimentos científicos, no Brasil, não tem sido o objetivo primeiro dos governantes.

Além disto, acredita-se que visões distorcidas, tanto da pesquisa científica quanto do próprio curso de graduação, são advindas dessas baixas oportunidades. A resposta do Q103 permite refletir sobre essas visões.

Não muito [não oferece muitas oportunidades], visto que, por tratar-se de um curso de licenciatura as pesquisas voltam-se mais para a área de ensino deixando de lado as pesquisas no âmbito científico (Q103).

O discurso observado na resposta do Q103 é deveras preocupante quando se considera que o estudante respondente estava, quando o questionário foi aplicado, no sexto período do curso de Química-Licenciatura. Pode-se verificar, na resposta, que o estudante não considera as pesquisas em ensino como sendo pertencentes ao “âmbito científico”. Este posicionamento deve estar diretamente relacionado a uma compreensão equivocada e deturpada acerca da ciência e do conhecimento científico, conforme defendido por Gil Pérez *et al.* (2001), associada à compreensão de que o estudo de ciências sociais deve incorporar os elementos do modelo mecanicista básico das ciências naturais, sendo esta uma tendência verificada na história do desenvolvimento das pesquisas sociais (SCARPA; MARANDINO, 1999).

Uma outra problemática discutida pelos estudantes foi o baixo número de áreas que os projetos englobam e a divulgação. Os discentes argumentaram que, se há oportunidades, os professores não divulgam amplamente para todos os estudantes do curso, de modo que somente um pequeno grupo fica sabendo da seleção e tem a oportunidade de concorrer às vagas. A próxima subcategoria relaciona-se diretamente com essa discussão, tratando-se da seleção e de seus critérios (ODPSC). A maioria dos estudantes argumentou que, quando há oportunidades de pesquisa, a seleção não ocorre de forma aberta para todos os interessados, conforme respostas seguintes.

Sim, mas para alunos selecionados em que os professores vão com a cara (Q35).

Não. Os grupos de pesquisa são fechados para os alunos mais próximos dos professores e não há nenhuma promoção para que sejam pesquisadores (Q123).

Não. São poucos os professores que têm, os que têm a seleção não é justa e isso reflete na quantidade de alunos que estão próximos de se formar e não têm as horas de pesquisa (26).

Não! Observem as demandas dos alunos que o curso tem e as poucas vagas divulgadas sobre grupos de pesquisa científica. Não é algo para todos, como experiência e sim os melhores currículos conseguem ingressar (Q4).

Duas respostas, em especial, apontam para duas problemáticas distintas bastante relevantes: primeiramente, o fato de os grupos de pesquisa serem fechados para os estudantes mais próximos dos professores, conforme Q35 e Q123, nos quais é possível inferir, das respostas, que a seleção ocorre sob critérios de personalidade na relação aluno-professor e, em segundo lugar, os alunos próximos de concluir o curso e obter o grau não terem a carga horária de pesquisa suficiente para concluir a graduação.

Sobre os critérios que são utilizados nas seleções e o caráter de personalidade na escolha dos estudantes para participarem de pesquisas, este trabalho não pode realizar nenhuma afirmativa/inferência associada a estes elementos, uma vez que nenhuma seleção foi analisada em nenhum momento proposto na metodologia do mesmo. Entretanto, no que concerne à carga horária, é possível afirmar que, de fato, o curso investigado exige uma carga horária de pesquisa que seja, pelo menos, de 50 horas/aula (UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO, 2013).

De acordo com o Projeto Pedagógico do Curso (PPC), são contabilizadas horas de pesquisa nas seguintes atividades: participação em conferências ou palestras isoladas, participação em atividades de IC, participação em atividades científicas em grupos de pesquisa registrados, publicação de trabalhos em periódicos indexados, publicação de artigos completos em anais de eventos científicos, participação em eventos científicos, apresentação de trabalhos em eventos científicos, participação como ouvinte em defesas de trabalhos acadêmicos no curso (UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO, 2013). Como pode ser visto, diversas atividades contabilizam carga horária de pesquisa, de modo que o estudante não

necessariamente precisa estar envolvido com algum projeto de pesquisa para poder integralizar a carga horária complementar do curso.

Ademais, a resposta Q4 permite ponderar, quando afirma que somente os melhores currículos conseguem ingressar em projetos de pesquisa, sobre a possibilidade de um número pequeno de estudantes (23,6% do total) que conseguem desenvolver pesquisa causar uma certa elitização nesta atividade. Por certo, a concepção de que a atividade de pesquisa é elitizada pode causar a segregação de diversos grupos no que tange à participação na mesma (BANGERA; BROWNELL, 2014), para além de ser uma visão deturpada acerca da ciência, na qual compreende-se que a mesma é reservada para indivíduos dotados e com características específicas, inclusive de gênero (GIL PÉREZ *et al.*, 2001).

Esta elitização da atividade de pesquisa pode ser percebida enquanto um fruto direto da baixa capacidade de oferta por parte da universidade, o que se relaciona diretamente com a qualidade das políticas públicas de incentivo e baixo investimento. Acredita-se que as metodologias de ensino que ocorrem através da pesquisa, como abordagens CURE, têm um excelente potencial no que concerne à desconstrução dessa elitização, uma vez que transforma a própria sala de aula em um espaço de construção de conhecimentos científicos, de modo que não há nenhum tipo de distinção ou seleção dos estudantes.

Em geral, a análise da primeira dimensão temática permite concluir que os estudantes, em sua maioria, apresentam uma compreensão tradicional acerca da ciência e do conhecimento científico, de modo que foram identificadas tendências empírico-indutivistas, aproblemáticas, ahistóricas e de elitização nos discursos. Ademais, os estudantes indicaram que o curso oferece oportunidades de pesquisa em um número muito limitado de vagas – o que é corroborado pelos resultados quantitativos obtidos neste trabalho – de modo que os critérios de seleção, as áreas de atuação e a divulgação dessas oportunidades também foram problematizadas pelos mesmos. A segunda dimensão de análise deste trabalho será analisada e discutida na sequência.

5.1.2. A importância da pesquisa científica para a carreira profissional

Nesta dimensão, foram analisados os discursos associados à importância, na opinião dos discentes, da atividade de pesquisa científica em suas carreiras profissionais, de modo que as perspectivas de atuação dos discentes também foram investigadas e quantificadas e os resultados já foram problematizados no início desta seção. A partir da análise dos discursos, duas categorias foram criadas: os benefícios para a formação profissional e pessoal (BF) e os benefícios para a atuação profissional (BA).

Na primeira categoria, os benefícios para a formação profissional e pessoal (BF), foram registradas duas subcategorias específicas. A primeira delas diz respeito aos aspectos curriculares e desenvolvimento pessoal (BFAC). Os elementos curriculares dizem respeito aos benefícios associados ao currículo profissional dos estudantes. Dentre os elementos associados à formação, foram unidades de registro: a obtenção de mais experiências e capacitação, mais conhecimentos sobre os conteúdos específicos, formação profissional íntegra, aumento do desenvolvimento intelectual e promoção da autonomia. As respostas apresentadas a seguir evidenciam esses discursos.

Ela [a pesquisa] pode ampliar meu conhecimento e dar mais valorização do meu currículo (Q113).

[A pesquisa] proporciona um aprofundamento naquilo que é estudado, de forma que contribui para uma melhor formação profissional (Q9).

Pode trazer melhor amadurecimento e encaminhamento para o aluno que quer seguir a carreira acadêmica (Q17).

Ajuda a desenvolver nossas habilidades e nosso processo criativo para que assim possamos ser mais práticos na hora que for preciso (Q25).

Além dessas respostas, um número grande alunos mencionou, também, que a participação em projetos de pesquisa poderia auxiliar em seleções de mestrado e doutorado. De fato, a grande maioria dos estudantes que participou de projetos de pesquisa tem o interesse de serem pesquisadores (76,2% do total), o que permite ponderar acerca da influência que a participação em projetos desse tipo exerce sobre as perspectivas profissionais dos graduandos investigados neste trabalho.

É possível perceber, nas respostas apresentadas, que o crescimento profissional e pessoal e o desenvolvimento de habilidades foram os principais argumentos utilizados pelos alunos. De fato, a experiência com as práticas básicas de pesquisa, como consultas bibliográficas, leituras em línguas estrangeiras e uso de equipamentos e computadores são elementos inerentes à prática desenvolvida em um projeto científico e causa uma certa disparidade com relação às diversas competências, como oratória e escrita, que são desenvolvidas em alunos de IC com relação aos alunos que não tiveram as mesmas oportunidades (FERNANDES *et al.*, 2013).

É prudente mencionar que quando, neste trabalho, fala-se, de forma crítica, sobre as baixas oportunidades de pesquisa, não se está julgando méritos – nem do estudante e nem do

professor – que justifiquem o porquê dessas oportunidades não serem oferecidas, haja vista que investigar estes aspectos não é um dos objetivos desta produção. Por outro lado, tem-se analisado a situação geral de universidades públicas que, a despeito de serem regidas por documentos que atestam a necessidade da dialogicidade ensino-pesquisa, não têm sido capazes de cumprir os seus papéis, de modo que as justificativas políticas, culturais e econômicas têm se mostrado determinantes na explicação deste fenômeno.

Na análise dos questionários, alguns alunos indicaram que não fazem ideia sobre quais são os benefícios da pesquisa científica em suas formações, uma vez que não tiveram a oportunidade de desenvolver nenhum projeto de pesquisa e, portanto, não podem apreciar a experiência de forma efetiva. Por outro lado, os alunos que participaram de projetos até mencionaram experiências pessoais sobre como a pesquisa foi importante até para incentivá-los a manterem-se no curso, conforme respostas a seguir.

A pesquisa abriu meu caminho na graduação, me forneceu diferentes perspectivas, inclusive de atuação (conciliando ensino e pesquisa, por ex.) e através dela desenvolvi habilidades profissionalmente importantes: analisar problemas, pensar abordagens, testá-las, definir abordagens... bem como abstração, lógica, dedução... (Q24).

Falando pessoalmente, ela [a pesquisa] foi o meu incentivo de continuar o curso. Fazer parte de um projeto de pesquisa científica introduz você em como é realmente ser químico/professor, como é lidar com problemas e compreender fenômenos que não estão apenas no papel (Q26).

Deste modo, a resposta do Q26 destaca um dos papéis fundamentais que são desenvolvidos pela pesquisa a nível superior: o incentivo que mantém os estudantes na caminhada. Um outro elemento dessas respostas, especialmente na Q24, remete-se à próxima subcategoria criada: as habilidades adquiridas (BFHA) com a experiência de pesquisa. A estudante menciona uma série de habilidades, em sua resposta, que são confirmadas pela literatura específica e previstas como resultados obtidos a curto e longo prazo (BRIDI; PEREIRA, 2004; MASSI, 2008; PINHO, 2017).

Assim, fica claro o potencial que a experiência de pesquisa tem do ponto de vista formativo, uma vez que possibilita o desenvolvimento de uma série de competências e de autonomia nos participantes. Ainda com relação a ambas as respostas Q24 e Q26 supracitadas,

as mesmas apontam para a segunda categoria de análise criada nesta dimensão: os benefícios da pesquisa científica para a atuação profissional (BA). As estudantes, ambas com experiências de pesquisa, mencionam que julgam importante essa experiência até para que possam atuar como docentes.

Assim, nesta categoria, somente uma subcategoria foi criada, a qual diz respeito à prática docente e ao processo de ensino e aprendizagem (BAPEA). Dentre as unidades de registro obtidas nessa subcategoria, estão: mais segurança na atuação profissional, a possibilidade de tornar as aulas mais didáticas, o auxílio na construção do perfil de professor-pesquisador e fazer o diferencial na vida profissional do professor. Todos estes elementos foram mencionados por diversos estudantes.

Por certo, a pesquisa científica é algo essencial também na formação de professores (ANDRÉ, 2001), haja vista que os estudantes de Ensino Médio, atualmente, também têm a oportunidade de desenvolver projetos de pesquisa através dos programas de IC na versão júnior, de modo que o próprio professor da disciplina torna-se orientador de pesquisa, o que requer, necessariamente, experiência nesta área. Além disto, os estudantes investigados mostraram considerar indiscutivelmente fundamental participar de atividades científicas para exercer uma boa prática profissional.

Cabe ressaltar, novamente, que este trabalho não delimita uma área de pesquisa específica devido à natureza formativa do curso. De fato, em um curso de licenciatura, considera-se fundamental dar a oportunidade de os estudantes desenvolverem pesquisas na área de educação, já que essa será a área principal na qual os mesmos estarão direcionados para atuar. Entretanto, acredita-se que não é plausível renegar as demais experiências de pesquisa, mesmo que seja na área aplicada (no caso, na área de química). Nesta etapa do trabalho, espera-se estar claro que, independentemente do tipo de pesquisa, defende-se a atividade em si e os benefícios que a ela são associados. O processo, portanto, é o elemento mais inestimável em experiências deste tipo.

De maneira geral, a análise desta dimensão permite concluir que os estudantes reconhecem os principais benefícios e os ganhos pessoais e profissionais associados à participação em projetos de pesquisa durante a graduação, bem como consideram que as habilidades e competências adquiridas em projetos desse tipo são fundamentais para que seja formado um bom professor, de modo que o mesmo esteja em consonância com os parâmetros formativos exigidos na contemporaneidade.

A análise qualitativa completa apresentada até aqui permitiu concluir que os estudantes, para além de não terem oportunidades de pesquisa em números suficientes, também não

conhecem os principais grupos que atuam na casa, sendo esta uma outra dificuldade a ser enfrentada. Além disto, alguns estudantes, quando solicitados os projetos de pesquisa que participaram, informaram dados de projetos de extensão, de modo que se percebeu que os mesmos sequer sabiam diferenciar as particularidades da pesquisa e da extensão.

Assim, dada a realidade diagnosticada pela aplicação do questionário inicial, cujos dados foram apreciados e analisados nesta seção, se fez necessário propor uma espécie de intervenção imediata que tivesse resultados facilmente identificados a curto prazo e fosse capaz de atingir o maior número de alunos possível, não somente os matriculados no curso sede desta pesquisa, uma vez que os resultados discutidos nesta seção podem facilmente ser generalizados, como já discutido, para uma série de cursos da mesma instituição. Desta forma, foi proposto e realizado um evento de caráter científico, chamado de I Seminário de Pesquisa Científica do Agreste (I SPCAgreste).

I SPCAGRESTE: DISCUTINDO O PESQUISAR, A PESQUISA E O PESQUISADOR

O I Seminário de Pesquisa Científica do Agreste (SPCAgreste), um evento científico proposto por este trabalho com o apoio da coordenação do curso de Química-Licenciatura da UFPE/CA, teve o objetivo de, para além de divulgar os principais grupos de pesquisa que atuam na casa e as linhas temáticas dos professores responsáveis, discutir qual a importância da pesquisa científica para a formação docente, qual o papel do pesquisador e quais são as perspectivas futuras, do ponto de vista político, para o desenvolvimento de pesquisas no Brasil.

Portanto, o evento, realizado entre 21 e 23 de novembro de 2018, almejou a criação de um ambiente de discussão cercado de curiosidade, combustível central para a pesquisa científica, na perspectiva de que os participantes se percebessem não somente como ouvintes, mas enquanto professores em formação e, possivelmente, futuros pesquisadores. O evento foi aberto para todos os cursos de licenciatura do NFD a fim de ampliar a discussão sobre pesquisa científica, a qual é considerada necessária na formação de professores e, conseqüentemente, promover uma maior integração entre os cursos que compõem esse núcleo.

A dinâmica do evento consistiu na realização de seminários curtos, variando de 30 a 45 minutos cada, para além de uma mesa redonda de 1h30. A temática dos seminários foi escolhida pelos professores convidados e aprovada pela comissão de organizadores, de modo que o objetivo de cada sessão era apresentar os trabalhos que têm sido desenvolvidos pelos pesquisadores convidados, as discussões pertinentes às linhas de pesquisa e como são feitas as

seleções dos estudantes para participarem de projetos de pesquisa com o respectivo professor. Após a apresentação das sessões, havia um tempo destinado para as perguntas dos participantes.

No total, foram realizados, no SPCAgreste, durante os três dias de evento, 14 seminários com temáticas distintas e uma mesa redonda. Participaram do evento 16 pesquisadores convidados, sendo seis deles professores parceiros dos cursos do NFD, porém que não são propriamente docentes da casa. As temáticas abordadas foram separadas em duas seções: no primeiro dia, foram apresentados os seminários associados à Pesquisa em Ensino de Ciências e um seminário introdutório, de caráter político, apresentado pela vice-coordenadora do curso de Química-Licenciatura. Os outros dois dias do evento foram destinados às Pesquisas em Química, Física e Ciência de Materiais Aplicadas, de modo que foram contempladas as pesquisas de caráter teórico (visto que há grupos de pesquisa de química e física teórica que atuam na UFPE/CA) e experimental. A Tabela 2 apresenta a programação do SPCAgreste, bem como os seminários e os pesquisadores responsáveis pelos mesmos.

Na Tabela 2, foram omitidos os tempos destinados ao *coffee break* e aos questionamentos dos estudantes, os quais eram posteriores à apresentação dos seminários. A palestra de abertura, ministrada pela professora Dra. Flávia Vasconcelos, na época, vice-coordenadora do curso de Química-Licenciatura, tinha o objetivo de, efetivamente, discutir os diversos elementos políticos que se relacionam diretamente com a atividade de pesquisa científica: quem escolhe as áreas, quem financia as pesquisas, quem determina o montante de recursos, quais são os critérios utilizados nas seleções, dentre outros. Considera-se essa apresentação inicial como fundamental, uma vez que a mesma articula elementos extremamente importantes para se compreender o contexto da pesquisa brasileira nas universidades públicas.

A segunda sessão após a abertura também teve um caráter majoritariamente formativo. Na mesa redonda, três docentes pesquisadores foram convidados a debaterem qual a importância da pesquisa científica na formação de professores. Essa discussão é bastante oportuna no contexto de um curso de licenciatura, especialmente pelo fato de que há uma espécie de senso coletivo que, por vezes, tende a subjugar a relevância da pesquisa na formação docente. Esse senso coletivo, que também pode ser compreendido como uma das visões deturpadas da ciência, também foi evidenciado na análise qualitativa dos discursos dos estudantes investigados neste trabalho, o que ainda dá mais sentido à discussão proposta pela mesa redonda.

Ao final da mesa, os estudantes participaram fazendo perguntas aos debatedores. Ademais, todas as outras sessões do SPCAgreste tiveram o objetivo de divulgação: apresentar as linhas de pesquisa desenvolvidas pelos pesquisadores convidados, discutir os principais

resultados obtidos pelo grupo até o momento e informar como os estudantes podem participar de projetos de pesquisa naquele grupo específico. Assim, para além de discutir a pesquisa científica, os estudantes tiveram a oportunidade de se engajar mais – ou, ao menos, tomar conhecimento – nas atividades de pesquisa desenvolvidas no campus.

Tabela 2 – Programação das sessões de seminários e mesa redonda do SPCAgreste.

21 DE NOVEMBRO DE 2018		
Horário	Pesquisador(es)	Título da sessão
14h – 14h30	Dra. Flávia Vasconcelos	Pesquisa: por quê? Para quê? Para quem?
14h40 – 16h10	<i>Mesa redonda formada por:</i> Dr. Ricardo Guimarães Dra. Flávia Vasconcelos Dr. José Ayron	A importância da pesquisa científica na formação de professores
17h – 17h30	Dr. João Tenório	Memória, imaginação e aprendizagem
17h30 – 18h	Dr. Euzébio Simões	O GIDEQ e o espírito de pato
18h – 18h30	Dra. Tânia Bazante Tatiane Assunção	Pesquisa e Ensino de Química para pessoas cegas: dialogando sobre Educação Especial e Inclusiva
22 DE NOVEMBRO DE 2018		
14h – 14h45	Dra. Ana Paula Souza	A luminescência dos íons lantanídeos: características e aplicações
14h45 – 15h15	Dra. Juliana Angeiras	Modelagem computacional de compostos e materiais lantanídicos
15h35 – 16h15	Dr. Sérgio Campello	Processamento de imagens digitais: conceitos básicos e aplicações na odontologia
16h25 – 17h10	Dr. Jehan Fônsca	Sensores à fibra óptica e algumas aplicações
17h20 – 17h50	Me. Leonardo Santos	Projeto de extensão na trilogia universitária: <i>startup</i> SEOPI e seus mecanismos de ação
23 DE NOVEMBRO DE 2018		
14h – 14h30	Dr. Júlio Cosme	Catálise química: uma perspectiva através da Química Computacional
14h40 – 15h10	Dr. Eduardo Aguiar	Impressões do Púrpura de Ruhemann: mecanismos e complexos
15h20 – 15h50	Dr. Renaldo Tenório	O modelo do recobrimento da ligação química: computação científica e estudo de sistemas moleculares
16h10 – 16h40	Dr. Frederico Pontes	Simulações computacionais de membranas bacterianas

Fonte: os autores (2019)

Um outro aspecto importante sobre o SPCAgreste, diretamente associado às abordagens CURE que este trabalho tem discutido, é considerar que esse evento pode ser encaixado como uma das possibilidades de modelo pré-CURE, uma vez que objetiva discutir pesquisa científica

de modo a introduzir os estudantes no contexto da mesma e, em algum nível, prepará-los para a experiência CURE. A vantagem de desenvolver um evento, ao invés de cursos específicos, por exemplo, é a possibilidade de incluir um número maior de estudantes na discussão, oportunizando todos os interessados e democratizando o acesso à informação.

A divulgação do evento foi feita tanto por redes sociais quando de forma presencial, na qual o pesquisador divulgou pessoalmente em todas as salas de todos os períodos dos cursos participantes do evento. Cabe salientar que a grande maioria dos docentes dos cursos parceiros apoiou a execução do evento (e até participaram como seminaristas), incentivando os estudantes durante o período de inscrições. Para realizar a inscrição, os estudantes preencheram um formulário online (Apêndice B), no qual foram coletados dados pessoais dos participantes. Um total de 148 estudantes fizeram inscrição no SPCAgreste, dos quais 118 realizaram o pagamento da taxa de inscrição e garantiram a participação no evento.

Mesmo tendo realizado o pagamento da taxa, nem todos os estudantes participaram dos três dias de evento por motivos pessoais e profissionais, tendo alguns optado por participar em um ou dois dias. No dia 23 de novembro, último dia do SPCAgreste, no final das sessões, foi aplicado um questionário que continha uma escala psicométrica do tipo Likert (Apêndice C) com o objetivo de avaliar qual havia sido o impacto do evento na comunidade acadêmica em geral através da percepção dos participantes. As dez afirmativas da escala psicométrica e as simbologias utilizadas a apresentação destes resultados estão apresentados na Tabela 3.

As afirmativas apresentadas na Tabela 3, de modo geral, perpassam tanto pela percepção do estudante com relação à influência do SPCAgreste em suas próprias crenças e compreensões, quanto nas análises que eles fazem no que concerne à comunidade acadêmica da qual são membros. Além disto, objetivou-se investigar se, de fato, o evento foi percebido como um instrumento de democratização do acesso à informação sobre pesquisas e como uma possibilidade de integração entre os cursos de licenciatura que compõem o NFD.

Na análise dos dados, os mesmos foram tratados matematicamente através do Ranking Médio (RM) mencionado na metodologia, bem como foram quantificados em termos percentuais e graus de concordância. A análise foi feita com relação a cada curso participante do evento (Licenciaturas em Química, Física e Matemática) e considerando a totalidade de respondentes em uma análise geral.

Ao todo, no último dia do evento, estavam presentes 97 participantes, sendo este o total de questionários obtidos. Portanto, 21 estudantes participaram somente do primeiro ou segundo dia do evento, porém não estiveram presentes no terceiro. Todos os demais 97 respondentes

participaram dos três dias do SPCAgreste, sendo que este foi o principal critério para selecionar os questionários que seriam inclusos nos dados desta etapa do trabalho.

Tabela 3 – Afirmativas utilizadas na escala Likert e seus respectivos códigos.

AFIRMATIVAS	CÓDIGO
Me interessei em desenvolver pesquisa científica, porém não tinha conhecimento acerca dos grupos de pesquisa, dos professores e das linhas de pesquisa dos mesmos na UFPE/CA, de modo que o SPCAgreste me permitiu tomar conhecimento sobre estes aspectos.	A1
A partir dos seminários do SPCAgreste, para além de conhecer diversas linhas de pesquisa dos docentes, pude compreender como se faz uma pesquisa.	A2
As discussões realizadas durante o evento me fizeram reconhecer a atividade de pesquisa enquanto elemento fundamental da minha formação.	A3
Eu não me interessava pela pesquisa científica, porém o SPCAgreste despertou, através das discussões, meu interesse por esta atividade.	A4
Eu já me interessava pela pesquisa científica e o SPCAgreste aumentou ainda mais o meu interesse.	A5
Os seminários e a mesa redonda tiveram temáticas relevantes.	A6
A ideia de realizar seminários curtos, para além de deixar os mesmos menos cansativos, permitiu discutir várias temáticas, de modo que o tempo foi suficiente.	A7
Me interessei por uma linha de pesquisa apresentada durante o SPCAgreste e pretendo conversar com o(a) professor(a) sobre a possibilidade de desenvolver um projeto científico com ele(a).	A8
Acredito que o SPCAgreste é um instrumento de democratização do acesso à informação sobre a atividade de pesquisa.	A9
Durante o SPCAgreste, pude dialogar e conhecer melhor a comunidade acadêmica, de modo que houve uma maior integração dos cursos do NFD (Núcleo de Formação Docente).	A10

Fonte: os autores (2019)

Na afirmativa A1, 49,5% e 37,1% dos estudantes concordaram e concordaram totalmente (em um total de 84 estudantes), respectivamente. Isto é, a grande maioria dos estudantes, a despeito de já terem, em algum momento de suas formações, se interessado pela atividade de pesquisa científica, não conheciam os principais projetos e oportunidades para desenvolvê-la. Estes resultados quantitativos qualificam e validam a hipótese levantada neste trabalho de que os estudantes sequer tinham conhecimento acerca dos grupos de pesquisa e das linhas que são estudadas na casa, podendo esse, portanto, ser um elemento extra que aparta os estudantes das pesquisas.

Concordando, em sua grande maioria, com a afirmativa A1, é possível racionalizar e propor que os estudantes, de fato, entenderam o SPCAgreste como um evento cujo objetivo

central era divulgar informações sobre as pesquisas científicas que são desenvolvidas no campus. Assim, é possível ponderar que essa comunicação científica é fundamental para estabelecer contatos pessoais, avaliar resultados de trabalhos inéditos e promover uma atualização profissional (TARGINO, 2006), para além de ser importante no que tange à democratização do acesso à atividade de pesquisa científica, desconstruindo o discurso que a legitima e perpetua como elitizada.

A afirmativa A2 foi escrita, propositalmente, de forma complementar à primeira. Na A1, diz-se que o evento permitiu tomar conhecimentos acerca dos grupos e das linhas de pesquisa dos professores, ao passo que a A2 afirma que o SPCAgreste também foi um evento que permitiu que o estudante compreendesse como se faz uma pesquisa científica. Este último elemento não era propriamente um dos objetivos do evento, porém a análise das respostas permitiu concluir que 59,8% dos estudantes concordaram parcialmente, ao passo que 27,7% concordaram totalmente com a afirmativa.

Desta maneira, pode-se interpretar que o indicativo de concordância parcial ser maior do que o total implica que os estudantes, em sua maioria, perceberam que a discussão acerca de como se faz uma pesquisa científica não era um objetivo específico do evento, mas, em virtude das discussões, a nível metodológico, realizadas nos seminários, compreenderam que o caráter formativo também estava implícito nas sessões realizadas. Em linhas gerais, estes resultados são bastante relevantes, uma vez que indica que, para além do caráter informativo e de divulgação, o SPCAgreste também cumpriu a função de contribuir com a formação científica dos participantes.

No que concerne à afirmativa A3, a mesma diz respeito ao papel do SPCAgreste com relação ao reconhecimento, por parte dos estudantes, de que a pesquisa científica é, de fato, um elemento fundamental na formação dos mesmos. Os dados qualitativos analisados anteriormente já mostraram que os estudantes do curso de Química investigados consideram a pesquisa científica como indispensável não somente na formação dos mesmos enquanto professores, mas também na atuação docente.

Os dados quantitativos da A3 indicam que um total de 68,0% dos estudantes concordou totalmente com a afirmativa, ao passo que 28,9% concordou parcialmente. Portanto, quase que a totalidade dos participantes (96,9%) reconheceu que o evento foi também uma forma de os fazerem perceber e reconhecer a atividade de pesquisa científica como fundamental. Pode-se ponderar que a mesa redonda, realizada com essa temática, tenha sido um dos momentos formativos mais ricos de toda a programação, juntamente com o seminário da sessão de

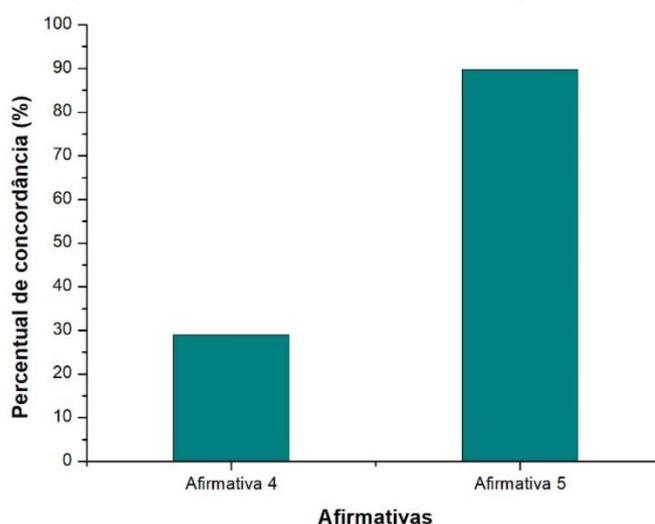
abertura. Em ambos os casos, houve participação efetiva dos discentes através de questionamentos que favorecem o debate.

A afirmativa A4 dizia que, antes do SPCAgreste, os estudantes não se interessavam por pesquisas científicas, de modo que foi no evento que este interesse começou a acontecer. O grau de discordância com essa afirmativa foi grande, de modo que 15,5% dos estudantes discordaram totalmente e 35,0% discordaram parcialmente. Responderam com neutralidade 20,6% dos estudantes. Este grau de discordância pode ser explicado quando se considera que a maioria dos alunos já tinha interesse por desenvolver pesquisas científicas (o que foi mostrado na análise qualitativa), de modo que o SPCAgreste não foi o principal agente motivador deles.

Esta hipótese pode ser confirmada quando se analisa as respostas da A5, a qual afirmava que os estudantes já se interessavam por pesquisa científica e que o evento só aumentou o interesse dos mesmos. De forma oposta ao A4, o somatório entre os graus de concordância parcial e total correspondeu a, aproximadamente, 89,7% dos estudantes. Portanto, de fato, o SPCAgreste aumentou o interesse dos estudantes por pesquisa científica, uma vez que a grande maioria já almejava participar de algum projeto, conforme foi possível inferir da análise qualitativa anterior.

Colocar duas afirmativas opostas na escala psicométrica foi proposital, haja vista que o grau de concordância nas respostas dos estudantes deve ser oposto nessas condições, uma vez que as afirmativas se excluem mutuamente. A Figura 7, apresentada a seguir, mostra a diferença nos graus de concordância das afirmativas A4 e A5, de modo que foi feito o somatório entre os percentuais associados à concordância parcial e à concordância total para cada afirmativa.

Figura 7 – Comparação entre os percentuais de concordância com relação às afirmativas A4 e A5.



Fonte: os autores (2019)

Portanto, como pode ser visto no gráfico apresentado na Figura 7, o grau de concordância é muito maior na A5 com relação à afirmativa A4. Esta constatação torna os resultados deste trabalho ainda mais confiáveis, uma vez que indica que os estudantes responderam atentamente ao questionário e, em uma análise mais verticalizada, pode-se afirmar que houve coerência nas respostas obtidas. A mesma tendência foi observada para o grupo minoritário, ou seja, os estudantes que concordaram com a afirmativa A4 e discordaram da A5. Logo, para alguns, pode-se afirmar, também, que o SPCAgreste também foi capaz de fazer com que houvesse a criação do interesse pela atividade de pesquisa científica.

Na afirmativa A6, a qual indicava que os seminários e as mesas redondas tiveram temáticas relevantes, não houve nenhum estudante que discordasse da afirmativa e 7,2% respondeu com neutralidade. A grande maioria, 92,8%, concordou parcialmente ou totalmente que as temáticas foram relevantes. É válido mencionar que os estudantes, antes de se inscreverem no SPCAgreste, puderam verificar a programação e avaliar as temáticas das sessões.

Além disto, foram divulgados, através das redes sociais e de forma pública, todos os seminaristas, os títulos de suas propostas e o resumo das mesmas, dados tais que foram fornecidos pelos próprios professores convidados. Assim, antes mesmo do evento acontecer, os inscritos já tiveram acesso aos resumos e ao que seria discutido no evento. Acredita-se que o número grande de inscritos se deu ao interesse pelas temáticas e, também, pela emissão de carga horária complementar de pesquisa. O SPCAgreste gerou certificados de 30 horas de pesquisa para todos os participantes que estiveram presentes nos três dias de evento, algo que foi importante não somente para incentivar a participação, mas pela própria constatação (a partir da análise qualitativa) de que uma parte dos estudantes chega ao último período do curso sem a carga horária complementar associada à atividade de pesquisa.

Uma outra afirmativa que discorreu sobre a programação do SPCAgreste foi a A7, a qual indicava que a ideia de realizar seminários curtos foi interessante por ser menos cansativo e pela possibilidade de discutir sobre várias temáticas. Novamente, a grande maioria dos estudantes concordou parcialmente (37,1%) ou totalmente (44,3%). As sessões curtas foram escolhidas pela necessidade de envolver o maior número possível de professores, de modo que todos apresentassem suas linhas de pesquisa, seus resultados mais relevantes e os projetos que coordenam atualmente.

Um dos aspectos mencionados na análise qualitativa, por parte dos estudantes investigados, foi que sequer há divulgação das oportunidades de pesquisa, de modo que a

grande maioria do corpo estudantil não fica sabendo que o professor tem vagas abertas e acabam perdendo as oportunidades. O SPCAgreste foi, antes de tudo, uma tentativa de ampliar essa divulgação e encorajar os estudantes, mostrando que, a despeito do número de vagas e oportunidades ser bastante reduzido, há possibilidades de participar de projetos de pesquisa.

Na afirmativa A8, os estudantes analisaram se se interessaram ou não por uma linha de pesquisa desenvolvida no SPCAgreste e se pretendem conversar com o professor seminarista sobre a possibilidade de desenvolver um projeto de pesquisa com ele. Neste caso, a despeito de um número grande de estudantes terem concordado parcial (37,1%) ou totalmente (24,7%), um número também elevado respondeu com neutralidade (33,0%). Poucos estudantes discordaram (5,2%) da afirmativa.

Em geral, é parte da cultura universitária que os estudantes procurem os professores para desenvolver projetos de pesquisa, submetendo-se a uma seleção. No entanto, já foi mostrado, na literatura (BANGERA; BROWNELL, 2014), que estudantes que não conhecem pesquisadores de forma particular (em suas famílias ou grupos de amigos, por exemplo), bem como estudantes de uma classe menos favorecida economicamente têm uma menor probabilidade de entrar em contato com um pesquisador, seja pessoalmente ou virtualmente, para se submeter a um processo seletivo. Além disto, a mesma tendência foi observada para estudantes que se sentem menos confiantes com relação às suas habilidades e, portanto, sentem-se intimidados e não procuram os professores (BANGERA; BROWNELL, 2014).

Assim, é prudente ponderar que essas considerações podem justificar o porquê de um número grande de estudantes terem sido neutros com relação à afirmativa A8, o que diminuiu o RM da afirmativa e, conseqüentemente, o grau de concordância, para 3,79. O questionário aplicado, entretanto, não permite tecer nenhuma conclusão sólida, uma vez que questões desta natureza não foram investigadas de forma aprofundada, sendo cabível somente a ponderação e a possibilidade de justificar os dados quantitativos obtidos com base no que já está estabelecido na literatura específica.

No que diz respeito à afirmativa A9, a mesma posiciona o SPCAgreste como um instrumento de democratização do acesso à informação sobre pesquisa científica. Os dados quantitativos indicam que os estudantes concordaram parcialmente (34,0%) e a grande maioria concordou totalmente (61,9%), fazendo com que essa afirmativa apresentasse um elevado RM (4,58) com relação às demais. De fato, um dos objetivos do evento foi promover uma democratização do acesso à informação, de modo que o mesmo foi claramente atingido quando se analisa os resultados quantitativos.

Nesta perspectiva, acredita-se que eventos como o SPCAgreste têm um excelente potencial de desconstruir a visão deturpada de que a pesquisa científica é uma atividade elitizada, algo que foi claramente observado nos discursos dos estudantes analisados pelo método qualitativo na subseção anterior destes resultados. Além disto, acredita-se que eventos como esse poderiam ser realizados em todas as instituições públicas do país e de forma anual ou semestral, de maneira a manter os estudantes integrados com as atividades científicas que são desenvolvidas pelos seus professores a nível institucional. Espera-se que iniciativas como essa contribuam com a democratização do acesso à pesquisa e, conseqüentemente, inclua mais participantes, de forma mais igualitária, nessas atividades.

Na última afirmativa, a A10, o SPCAgreste foi descrito como uma possibilidade de ter causado uma melhor integração entre os cursos do NFD, já que participaram três cursos de licenciatura: Física, Química e Matemática. Os dados quantitativos apontam para um elevado grau de concordância (77,3%) por parte dos estudantes e neutralidade mais reduzida de 21,6%, gerando um RM de 4,05. Assim, considera-se que o objetivo de que o evento fosse, também, uma forma de melhor integrar os alunos de todos os cursos foi claramente atingido, na opinião da grande maioria dos participantes.

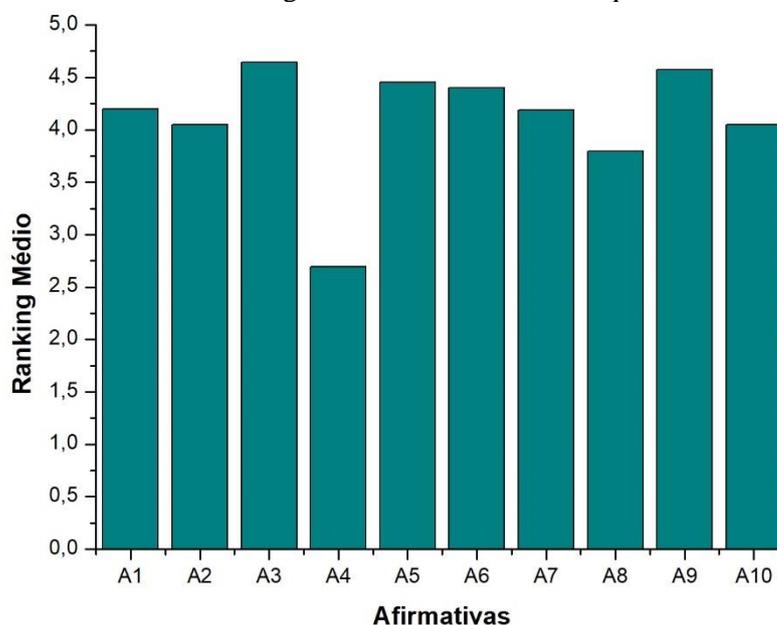
A Figura 8 apresenta um gráfico que relaciona todos os valores de ranking médio calculados para cada uma das afirmativas, a fim de comparar o grau de concordância entre as mesmas. Cabe rememorar que, nos valores de Ranking Médio das afirmativas, será tão maior o grau de concordância quanto mais próximo de 5,0 for o resultado calculado, de modo que é possível comparar o quanto os estudantes concordaram com cada uma das afirmativas, fazendo uma análise mais verticalizada dos dados.

Como pode ser visto no gráfico apresentado na Figura 8, somente as afirmativas A4 e A8 tiveram um grau de concordância com um RM abaixo de 4,0, o que era esperado, considerando as pesquisas já realizadas na literatura. Por outro lado, todas as outras afirmativas tiveram um grau de concordância bastante alto, em especial A3 e A9, nas quais os estudantes concordaram que o SPCAgreste, para além de fazê-los compreender como se faz uma pesquisa científica, é um instrumento de democratização do acesso às informações sobre projetos de pesquisa e atividades científicas em linhas gerais.

A partir dos dados apresentados e discutidos nesta análise quantitativa, é possível ponderar que eventos como o SPCAgreste, que objetivam democratizar o acesso à pesquisa científica, deveriam ser realizados em todas as instituições de Ensino Superior, uma vez que esses eventos têm bastante potencial para motivar os estudantes e fazê-los tomar gosto pelo

desenvolvimento do trabalho científico, o que é fundamental na formação profissional de todas as áreas do conhecimento, incluindo as licenciaturas.

Figura 8 – comparação dos valores de ranking médio obtidos na análise quantitativa das afirmativas.



Fonte: os autores (2019)

Além disto, pode-se concluir que mesmo que a coleta de dados em ambas as etapas metodológicas apresentadas neste trabalho tenha sido realizada em semestres distintos, os dados obtidos são complementares e permitem, de forma mais evidente, estabelecer a seguinte afirmativa: as atividades de pesquisa são pouco abrangentes, de modo que poucos alunos têm, na graduação, a oportunidade de desenvolvê-las, o que acaba por ser um dos elementos que contribuem para uma percepção distorcida com relação à própria ciência e ao conhecimento científico, para além de contribuir com a construção da visão elitizada da ciência.

Deve-se considerar que um dos fatores para tal realidade é a passividade do estudante frente à experiência universitária, o que foi discutido por Banger e Brownell (2014) como um elemento que pode ser cultural. O posicionamento do estudante enquanto sujeito ativo não somente do seu processo de ensino e aprendizagem, mas também da sua experiência enquanto estudante universitário, pode fazer com que o mesmo tenha mais oportunidades de pesquisa durante a graduação (BANGERA; BROWNELL, 2014).

Eventos como o SPCAgreste, no entanto, têm potencial para desconstruir tais visões, de modo que a discussão sobre o pesquisar, a pesquisa e o pesquisador torna-se bastante relevante quando o objetivo perpassa pela (re)construção das visões sobre a pesquisa científica. O evento, portanto, foi uma forma direta de atuar na realidade do curso sede deste trabalho, a fim de

integrar um número elevado de estudantes na discussão sobre o conhecimento científico. Uma outra forma, também já discutida neste trabalho, de fazer com que a pesquisa científica seja parte recorrente na formação superior é desenvolvê-la na própria sala de aula, no contexto das disciplinas específicas, a fim de que o ensino perpassasse diretamente por experiências de pesquisa.

5.3. UMA PROPOSTA CURE PARA A UNIVERSIDADE ENSINO-PESQUISA

Na literatura, como já mencionado, as abordagens CURE surgiram no contexto do ensino da disciplina de Biologia e foram progressivamente abrangendo as demais áreas do conhecimento. Além disto, também já foi discutido que a proposta é direcionada para as disciplinas experimentais, algo que vem sendo desconstruído nas últimas pesquisas, de tal modo que esta pesquisa considera que, na experiência CURE, os conhecimentos adquiridos são mais importantes que as competências técnicas desenvolvidas, de modo que não há a restrição para o ambiente de laboratório, contemplando todos os espaços onde seja imperativo o processo de ensino e aprendizagem.

Isto significa que este trabalho, para além dos objetivos formais já mencionados, também almeja chamar atenção para o fato de que é necessário que a pesquisa científica seja uma atividade que abranja um número maior de estudantes, de modo que a abordagem CURE é somente uma das várias possibilidades de fazer com que essa atividade torne-se menos elitizada e mais inclusiva. Não há, portanto, restrição de área, curso ou espaço físico quando o processo de construção de conhecimentos prevalece sobre produtos científicos de alto valor agregado. Assim, defende-se que é possível ensinar através da atividade de pesquisa.

A busca, realizada na literatura científica, pelos trabalhos que propunham ou relatavam o desenvolvimento de alguma experiência CURE no Ensino de Química, especificamente, resultou somente em 9 trabalhos. Cabe ressaltar que os critérios de busca foram: trabalhos publicados nos últimos 10 anos em inglês ou português, revisados por pares e que não envolvessem biologia. Todos os trabalhos encontrados foram publicados em língua inglesa e datam de 2015 a 2018. A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos na busca.

Como pode ser visto a partir dos resultados apresentados na Tabela 4, não houve nenhuma ocorrência de trabalhos publicados em português ou trabalhos que foram desenvolvidos em instituições brasileiras de ensino, o que indica que a aplicação de metodologias CURE, que relacionam ensino e pesquisa, dentro do intervalo de realização deste trabalho, não tem sido pesquisada nas universidades brasileiras. Desta forma, este trabalho

corresponde ao primeiro que não somente apresenta uma proposta de experiência CURE, mas também discute seus fundamentos teóricos e sua aplicabilidade no contexto brasileiro, justificando a necessidade de sua utilização.

Tabela 4 – Trabalhos sobre abordagens CURE no ensino de Química publicados nos últimos 10 anos.

	TÍTULO	REVISTA/ANO	AUTOR(ES)
T1	Improving critical thinking via authenticity: the CASPiE research experience in a military academy chemistry course	Chemistry Education Research and Practice/2016	CHASE <i>et al.</i> , 2016
T2	Incorporating course-based undergraduate research experiences into analytical chemistry laboratory curricula	Journal of Chemical Education/2016	KEER; YAN, 2016
T3	Transitioning from expository laboratory experiments to course-based undergraduate research in general chemistry	Journal of Chemical Education/2016	CLARK; RICCIARDO; WEAVER, 2016
T4	Teaching through research: alignment of core chemistry competencies and skills within a multidisciplinary research framework	Journal of Chemical Education/2018	GHANEM <i>et al.</i> , 2018
T5	Lowering barriers to undergraduate research through collaboration with local craft breweries	Journal of Chemical Education/2016	MCDERMOTT, 2016
T6	Polar plunge: semester-long snow chemistry research in the general chemistry laboratory	Journal of Chemical Education/2018	MAY <i>et al.</i> , 2018
T7	Integrating primary research into the teaching lab: benefits and impacts of a one-semester CURE for physical chemistry	Journal of Chemical Education/2018	WILLIAMS; REDDISH, 2018
T8	Throwing away the cookbook: implementing course-based undergraduate research experiences (CUREs) in chemistry	ACS Symposium series/chapter 3/2017	HEEMSTRA <i>et al.</i> , 2017
T9	The beer and biofuels laboratory: a report on implementing and supporting a large, interdisciplinary, yeast-focused course-based undergraduate research experience	Biochemistry and Molecular Biology Education/2018	PEDWELL <i>et al.</i> , 2018

Fonte: os autores (2019)

Os trabalhos pesquisados e apresentados na Tabela 4, de modo geral, descrevem e analisam a aplicação de experiências CURE, de maneira que somente um deles (T1) investiga como a abordagem CURE influencia na percepção dos estudantes quanto ao desenvolvimento dos seus próprios pensamentos críticos, isto é, neste trabalho, os autores investigam como a criticidade dos estudantes é estimulada pela experiência de pesquisa colaborativa. A pesquisa mostra que os estudantes consideram que se tornaram mais críticos em vários aspectos de suas vidas profissionais e pessoais após a experiência CURE.

Dois dos trabalhos (T1 e T9) partem de uma problemática de pesquisa sugerida pelos próprios estudantes, ao passo que os demais já definem as problemáticas de forma prévia. A autenticidade da experiência CURE se relaciona diretamente com a participação dos estudantes

em todas as etapas de elaboração e execução da investigação, porém é aconselhável que nas primeiras propostas CURE o problema de pesquisa e a metodologia a ser utilizada na investigação deve ser pré-determinada pelo proponente, haja vista que a transição entre as práticas tradicionais e as experiências que ocorrem no âmbito das abordagens CURE deve ser gradual (RCSA, 2018).

Dentre as temáticas dos problemas químicos investigados nas abordagens CURE propostas pelos trabalhos mencionados na Tabela 4, tem-se: o descarte de rejeitos e a geração de energia (CHASE *et al.*, 2016); técnicas de análise instrumental aplicadas ao estudo de novos materiais (KEER; YAN, 2016); a retenção de cátions metálicos (CLARK; RICCIARDO; WEAVER, 2016); sensores supramoleculares, aplicação de nanomateriais em catálise, materiais funcionais baseados em complexos metálicos, síntese e reconhecimento biológico e planejamento computacional de fármacos (GHANEM *et al.*, 2018); estudo da produção e fermentação de cerveja através de técnicas de análise instrumental (MCDERMOTT, 2016; PEDWELL *et al.*, 2018); o estudo da composição química da neve (MAY *et al.*, 2018); e estudo da coordenação ligante-albumina (WILLIAMS; REDDISH, 2018).

Na proposta CURE de May *et al.* (2018), é apresentada uma sequência, designada pelos instrutores, a partir da qual a abordagem CURE é organizada. Na sequência, é incluída a pesquisa na literatura, a leitura de materiais científicos para compreender a fundamentação teórica das técnicas experimentais utilizadas, a realização dos experimentos e a análise conjunta dos dados. Neste trabalho, a proposição da abordagem CURE também é apresentada como uma sequência de etapas previamente determinadas pelo instrutor, de modo que os estudantes tenham acesso à prática efetiva de pesquisa científica.

Como a proposta é direcionada para o curso de Química-Licenciatura, se faz necessário compreender a organização curricular do curso e considerar que a inclusão de práticas desta natureza deve ser gradual, uma vez que nem os estudantes e nem os professores vivenciaram experiências de pesquisa iguais ao que é previsto na abordagem CURE. Assim, considerou-se que a experiência seria mais bem introduzida se realizada com uma carga horária reduzida, de forma experimental, em uma das turmas de um dos componentes curriculares do curso.

A escolha do componente curricular foi secundária, uma vez que, inicialmente, se determinou qual seria o problema de pesquisa investigado. A regioselectividade na formação de aldeídos lineares/ramificados na reação de hidroformilação de olefinas promovida por complexos organometálicos com ligantes BISBI (2,2'-bis-((difenilfosfino)metil)-1-1'-bifenila) foi escolhida como problemática na experiência CURE proposta neste trabalho devido à experiência do pesquisador com a temática. Durante a graduação, em projetos de IC no GQCA,

o pesquisador estudou os aspectos cinéticos e termodinâmicos associados à problemática da regioseletividade na hidroformilação de alquenos utilizando modelagem molecular.

Para além da experiência do pesquisador, os resultados do questionário aplicado especificamente com os estudantes do curso de Química-Licenciatura no I SPCAgreste mostraram que cerca de 85,1% dos estudantes disseram ter interesse em desenvolver um projeto de pesquisa na área de Química Teórica e Computacional, de maneira que este fato também foi determinante na escolha da temática que seria proposta para investigação e da metodologia de pesquisa que seria utilizada para o estudo da mesma.

Como se sabe, conforme mostrado na seção 3.2.2 deste trabalho, que a regioseletividade para a formação de aldeídos lineares ou ramificados na hidroformilação de olefinas é diretamente afetada por efeitos estéricos dos ligantes coordenados ao complexo organometálico que catalisa a reação. Assim, quando se utiliza ligantes fosforados, como a BISBI, nos quais o ângulo natural de mordida é elevado, há a formação preferencial de aldeídos lineares, os quais têm bastante valor agregado, uma vez que são utilizados como precursores na produção de diversos outros produtos da química fina.

Em seu projeto de IC, o pesquisador estudou todo o ciclo catalítico da reação de hidroformilação do propeno, partindo da premissa de que, para compreender a influência dos efeitos estéricos na regioseletividade reacional, se faz necessário estudar esses efeitos em todas as etapas do ciclo catalítico da reação. Esta problemática, a despeito de já ter sido investigada sob várias perspectivas, ainda é bastante atual, uma vez que os efeitos estéricos foram qualificados por metodologias computacionais, porém ainda não puderam ser quantificados.

Na proposta deste trabalho, portanto, devido à experiência do pesquisador com a temática, pensou-se em realizar o estudo da regioseletividade reacional de somente uma etapa do ciclo catalítico da hidroformilação do propeno: a etapa de coordenação e inserção da olefina, a qual também foi apresentada na seção 3.2.2. Desta forma, a experiência CURE proposta perpassa pelo estudo da Cinética Química, de maneira que a disciplina obrigatória do curso de Química-Licenciatura que estuda, de forma aprofundada, este conteúdo, é Físico-Química II.

A disciplina de Físico-Química II, portanto, poderia ser escolhida para a proposta CURE deste trabalho. Os tópicos específicos de cinética, na disciplina supracitada, de acordo com o PPC do curso, é: velocidade de reação e leis de velocidade, dependência da velocidade com a temperatura, mecanismos e processos elementares, aproximação do estado estacionário, teoria do estado de transição e catálise (UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO, 2013). A experiência CURE proposta deve englobar todos os tópicos específicos da disciplina na qual é desenvolvida.

A aplicação, como forma de testagem, da abordagem CURE em uma disciplina obrigatória do curso, contudo, mostrou-se desafiadora por dois motivos: primeiramente, há a necessidade de que todos os conteúdos da ementa sejam vivenciados pelos estudantes, de modo que o projeto de pesquisa deve contemplá-los de forma integral; em segundo lugar, antes de ser, efetivamente, colocado em prática, os métodos avaliativos devem ser qualificados e devem passar por uma testagem, uma vez que não há consenso, na literatura, sobre como avaliar o desempenho dos estudantes em experiências desta natureza.

Desta maneira, para uma aplicação inicial, foi definido que seria mais apropriado a proposição de uma disciplina eletiva de 30 horas, na qual os estudantes poderiam, voluntariamente, participar. Todas essas ponderações devem ser realizadas quando se considera que a introdução da proposta CURE deve acontecer de forma gradual, uma vez que corresponde a uma mudança significativa nas práticas acadêmicas, haja vista que trata-se de uma abordagem que associa, de forma direta, ensino e pesquisa (RCSA, 2018), algo que as universidades brasileiras, historicamente, tem falhado em relacionar.

O programa do componente curricular eletivo proposto neste trabalho está apresentado no Apêndice D, de modo que foi elaborado considerando os demais programas das disciplinas obrigatórias e eletivas que constam no PPC do curso de Química-Licenciatura. O objetivo da disciplina eletiva “Métodos Computacionais Aplicados à Catálise Homogênea” seria, portanto, fazer com que os alunos compreendam, de forma prática, como ocorre a aplicação das diversas metodologias computacionais em sistemas reais, proporcionando a participação dos mesmos em um projeto de pesquisa colaborativo no âmbito da abordagem CURE.

Na proposição do programa da eletiva proposta, a carga horária de 30 horas é complementar prática. Trata-se de uma disciplina de experimentação onde os alunos não realizam experimentos de bancada, como nas demais aulas experimentais tradicionais do curso. A experimentação computacional é considerada como uma estratégia bastante relevante no Ensino de Química, uma vez que permite que os estudantes investiguem a natureza submicroscópica da matéria através das representações gráficas, criando, manipulando, visualizando e interpretando sistemas químicos diversos, de maneira que a competência representacional é desenvolvida nos discentes (KABERMAN; DORI, 2007).

Além disto, a experimentação computacional é uma forma de desmistificar o que os estudantes compreendem por “experimental”, o que certamente deve estar relacionada às experimentações de bancada em laboratórios de química, nas quais são empregadas, na maioria das vezes, a metodologia apelidada de “receita de bolo”, na qual os estudantes seguem um roteiro rígido, com resultados previsíveis e com fins para a comprovação de teorias

(GUIMARÃES, 2009), o que contribui para a manutenção das perspectivas tradicionais de compreensão da ciência e do conhecimento científico, fazendo prevalecer a perspectiva empírico-indutivista.

Do ponto de vista metodológico, a proposta CURE apresentada neste trabalho foi subdividida em sete etapas, em uma espécie de sequência didática baseada nas atividades desenvolvidas por May *et al.* (2018). Cada etapa apresentada na Tabela 5 pode ter vários encontros, a depender do andamento da disciplina e do desempenho dos estudantes nas atividades propostas, de tal forma que cabe o acompanhamento do instrutor em todas as etapas da proposta CURE. Além do mais, o instrutor também participa ativamente do processo de construção com os estudantes, mesmo que já tenha conhecimento acerca de quais resultados serão obtidos.

Como pode ser visto na Tabela 5, haveria, na primeira etapa, a apresentação da problemática de pesquisa e dos objetivos que norteariam a prática científica dos estudantes. O problema consiste na investigação da regioselectividade da etapa de coordenação e inserção do propeno na reação de hidroformilação de olefinas promovida pelo complexo $[\text{HRh}(\text{CO})_2(\text{BISBI})]$, de modo que os estudantes, utilizando Modelagem Molecular, deveriam tentar justificar a regioselectividade, reportada na literatura, na formação do aldeído linear como produto majoritário da hidroformilação quando executada com o complexo à base de ródio e com ligantes BISBI.

Tabela 5 – Sequência de etapas metodológicas da experiência CURE proposta neste trabalho.

ETAPAS	DESCRIÇÃO
1 ^a	Apresentação e contextualização da problemática e dos objetivos da pesquisa.
2 ^a	Apropriação do referencial teórico específico sobre a hidroformilação de olefinas e as especificidades dos processos catalíticos homogêneos e heterogêneos.
3 ^a	Apropriação do referencial teórico específico sobre a Química Computacional
4 ^a	Realização de oficinas sobre as ferramentas computacionais e como utilizar os recursos disponíveis nos <i>softwares</i> .
5 ^a	Proposição e realização dos cálculos computacionais.
6 ^a	Análise dos resultados e inferências acerca da problemática.
7 ^a	Escrita do texto científico.

Fonte: os autores (2019)

Na etapa inicial, a apresentação e contextualização da problemática poderia ocorrer de forma expositiva pelo instrutor, apresentando o estado da arte da hidroformilação e quais são os aspectos que ainda não são claros na literatura. As etapas 2 e 3 dizem respeito à apropriação

do referencial teórico específico sobre a reação de hidroformilação e os processos catalíticos homogêneos e heterogêneos, de modo geral, bem como dos métodos de Química Computacional. Na etapa 2, os estudantes realizariam buscas na literatura de, pelo menos, dois trabalhos sobre a hidroformilação de olefinas e os processos catalíticos homogêneos/heterogêneos, de modo que os mesmos seriam discutidos durante as aulas da disciplina.

Na etapa 3, a apropriação do referencial teórico específico sobre os métodos de Química Computacional, o texto seria disponibilizado para os estudantes, uma vez que não há, na literatura disponível em língua portuguesa, trabalhos que relacionem todos os métodos e seus fundamentos teóricos. O material utilizado seria a seção 3.2.3 deste trabalho, na qual são discutidos, de forma contextualizada, os principais métodos e os princípios utilizados nos cálculos computacionais, bem como a linguagem específica utilizada nesta área.

Apresentados os métodos computacionais, na etapa 4, seria realizada uma oficina prática, no Laboratório de Computação Científica do GQCA, na qual os alunos aprenderiam a criar e visualizar sistemas químicos, bem como criariam modelos de *inputs* para diversos tipos de cálculos computacionais e aprenderiam a analisar *outputs* (arquivos de saída, ou de resposta, de um dado software). Os estudantes utilizariam os *softwares* mais comuns em Química Computacional. Para estas oficinas, seriam modeladas desde moléculas pequenas e simples, como água e amônia, até moléculas maiores, como a cafeína e ácido acetilsalicílico (AAS).

O objetivo da realização dessas oficinas práticas seria familiarizar os estudantes com os diversos recursos computacionais que são utilizados na Modelagem Molecular, a fim de que os mesmos pudessem desenvolver habilidades técnicas e cognitivas que seriam fundamentais nas atividades científicas propostas na abordagem CURE. Seriam disponibilizados, também, programas gratuitos de visualização, a fim de que os discentes pudessem praticar em casa e, até mesmo, tentar já propor uma estrutura inicial para o complexo organometálico $[\text{HRh}(\text{CO})_2(\text{BISBI})]$, utilizado como catalisador na reação investigada.

Na etapa 5, os estudantes, de forma conjunta e colaborativa, deveriam propor os cálculos computacionais que seriam realizados, criando os *inputs* dos mesmos, os quais seriam avaliados pelo instrutor e os cálculos computacionais seriam iniciados. Com um número razoável de estudantes matriculados na disciplina e vários cálculos sendo realizados de forma simultânea e com o auxílio do instrutor, seria de se esperar que os estados de transição para as rotas linear e ramificada da hidroformilação fossem obtidos com relativa facilidade, uma vez que o instrutor já teria estruturas de partida que permitem facilmente obter os estados de transição.

Caracterizadas todas as espécies e o estado de transição envolvidos na etapa de coordenação e inserção do propeno da reação de hidroformilação, os estudantes, na etapa 6, analisariam os *outputs* dos seus cálculos e teceriam conclusões e inferências sobre os resultados obtidos, culminando na etapa 7, na qual haveria a escrita colaborativa do texto científico. Para a etapa 7, seria utilizada uma ferramenta online e gratuita de escrita (*Google Docs*, por exemplo), de maneira que todos os estudantes pudessem participar.

Como o texto científico é a avaliação proposta para a disciplina, conforme o programa proposto no Apêndice D, as contribuições de cada estudante para o texto final poderiam ser evidenciadas pela escrita com cores diferentes para cada estudante, de modo que o instrutor pudesse, ao final, qualificar e quantificar as contribuições individuais. A escrita do texto científico seria a finalização da disciplina e, se houvesse qualidade na escrita, o trabalho poderia até ser modelado para publicação em um evento científico importante ou, até mesmo, em uma revista relevante.

Nesta proposta da disciplina eletiva, não houve explicitação da carga horária que seria destinada a cada atividade específica, uma vez que se trata, somente, de uma das muitas possibilidades de se desenvolver uma proposta CURE e não foi, pelo menos neste trabalho, aplicada. Portanto, o objetivo é meramente mostrar que é possível desenvolver experiências CURE no seio da sala de aula e o processo de ensino e aprendizagem, naturalmente, já se tornará bastante rico e dinâmico, para além de ser possível colocar os estudantes em contato com uma atividade científica genuína, desenvolvendo habilidades e competências essenciais para a formação dos mesmos.

No que concerne aos cinco eixos fundantes da abordagem CURE, já discutidos neste trabalho, cabe avaliar criticamente a proposta supracitada com relação aos mesmos, a fim de tecer conclusões sobre a autenticidade da experiência de pesquisa. No que diz respeito às práticas científicas, a proposta CURE deste trabalho inclui os estudantes em várias dessas práticas, como, por exemplo: pesquisas na literatura, leitura de trabalhos científicos, proposição de metodologias computacionais, análise de dados obtidos e escrita científica de resultados. Assim, acredita-se que a proposta é bastante eficiente no que diz respeito à inclusão do estudantes em práticas verdadeiramente científicas, o que, como já discutido, é capaz de desenvolver uma série de habilidades e competências essenciais à formação.

No que diz respeito à descoberta, também é algo presente na proposta CURE deste trabalho. Sempre que há uma problemática (de natureza científica ou não), há a possibilidade de descobertas, mesmo que a mesma não seja inédita. Nesse caso, mesmo que os resultados da pesquisa já tenham sido obtidos previamente pelo instrutor, os alunos não devem ser privados

da possibilidade de descobrir algo novo, haja vista que este é um elemento motivador no processo de ensino e aprendizagem.

A possibilidade de descobertas inéditas se relaciona diretamente com a relevância científica do problema. No caso da regioseletividade da etapa de coordenação e inserção do propeno da reação de hidroformilação de olefinas, esta problemática já tem sido investigada por uma série de trabalhos, de modo que o efeito espacial já foi qualificado (por pesquisadores do próprio GQCA) em trabalhos anteriores, a despeito de nenhum tipo de quantificação ter sido realizado. Portanto, a relevância científica da problemática pode ser classificada como mediana, o que faz com que a experiência CURE seja menos autêntica neste quesito.

Contudo, este trabalho propõe uma primeira experiência desta natureza no curso de Química-Licenciatura e no próprio campus, de modo que a relevância científica foi propositalmente secundarizada por não ser tão fundamental em uma experiência inicial. Já foi discutido, também, que a relevância científica é o eixo da proposta CURE onde tem sido reportada a maior dificuldade de concretização, uma vez que é necessário que tanto o proponente/instrutor quanto os participantes tenham uma certa experiência com propostas desta natureza (RCSA, 2018), o que não se aplica neste trabalho.

O trabalho conjunto e colaborativo também é um eixo da abordagem CURE que é integralmente contemplado na proposta deste trabalho, uma vez que todas as atividades são propostas para serem realizadas de forma colaborativa, desde as buscas na literatura, perpassando pelas discussões, pela proposição e realização dos cálculos computacionais até a escrita do texto científico final. Assim, espera-se que, com base em Vygotsky (1998), a partir do desenvolvimento de atividades colaborativas, os estudantes sejam capazes até de desenvolver, através de processos interpsicológicos, habilidades de ordem superior.

Por fim, o último eixo que fundamenta a abordagem CURE é a iteração. A iteração é inerente a qualquer prática científica e é, também, contemplada integralmente na proposta deste trabalho, uma vez que as proposições e cálculos computacionais realizados pelos estudantes vão, naturalmente, dinamizar o processo, de modo que é provável que seja necessário repensar as abordagens computacionais utilizadas e refazer os cálculos. Assim, poderá haver a inclusão dos estudantes no dinamismo associado à produção de conhecimentos científicos, sendo possível desenvolver habilidades técnicas e competências importantes a curto, médio e longo prazo.

Portanto, considera-se que a experiência CURE proposta neste trabalho é bastante autêntica e pode ser facilmente desenvolvida na universidade sede desta pesquisa, uma vez que a mesma dispõe dos recursos técnicos e humanos para tal. Além disto, cabe lembrar que as

experiências CURE são classificadas em uma espécie de contínuo, tornando-se mais legítimas conforme a instituição e os membros aprendem com as experiências anteriores. Além disto, é importante ponderar que, a despeito de ser uma abordagem nova, a implementação é simples e depende, dentre outros aspectos, da disponibilidade e disposição dos professores e estudantes para participarem deste processo de construção conjunta.

Inicialmente, este trabalho se propunha não somente a sugerir a realização de uma abordagem CURE, mas aplicá-la na perspectiva de compreender qual seria a contribuição da mesma na formação científica dos estudantes. No entanto, devido às restrições temporais, não foi possível realizar a aplicação. Contudo, o potencial das abordagens CURE é bastante elevado, de modo que acredita-se que qualquer aplicação, em qualquer área e projeto de pesquisa, deve gerar resultados bastante satisfatórios, uma vez que os mesmos já foram reportados na literatura para aplicações iniciais (AUCHINCLOSS *et al.*, 2014; RCSA, 2018).

Cabe ressaltar que os fundamentos teóricos associados à proposta CURE sugerem uma mudança na estrutura curricular do curso ou da disciplina na qual está sendo implementada. De fato, as estruturas curriculares rígidas e tradicionais não permitem com que uma abordagem de ensino que se baseie na pesquisa seja realizada, uma vez que há obrigatoriedade no que tange à explanação de todos os conteúdos e das avaliações para gerar resultados quantitativos. Assim, é necessário, antes de tudo, rever o currículo da disciplina em que se quer aplicar a abordagem CURE, na perspectiva de propor uma experiência que seja capaz de contemplar todos os conteúdos.

Além do mais, considera-se que a mudança curricular não é o único elemento que carece de atenção na aplicação de uma abordagem CURE. A atuação e disponibilidade do professor também é um elemento fundamental, uma vez que a mesma deverá exigir atenção contínua do docente durante todo o processo de pesquisa, guiando os alunos desde as leituras de trabalhos da literatura até a elaboração de conclusões sobre os resultados obtidos. Ademais, um dos maiores desafios para o professor nessa proposta é, efetivamente, ensinar a partir do pesquisar, a fim de que a disciplina não somente proporcione a experiência de pesquisa, mas faça com que o aluno aprenda o conteúdo específico da disciplina. Somente a experiência isolada, seja de ensino ou pesquisa, sem considerar a dialogicidade ensino-pesquisa, perde sentido frente às discussões teóricas que levam à proposição de abordagens CURE.

É necessário que a universidade reafirme seu compromisso com a indissociabilidade ensino-pesquisa-extensão nas experiências acadêmicas, na perspectiva de que seu papel enquanto instituição que não somente transmite, mas também produz conhecimentos científicos de forma democrática e igualitária, seja cumprido. Envolver estudantes em atividades de

pesquisa é desenvolver nos mesmos habilidades e competências formativas que serão fundamentais em suas trajetórias profissionais, inclusive enquanto professores, como no caso deste trabalho, para além de proporcionar um amplo espectro formativo, permitindo que o discente escolha, a partir de suas experiências, o que quer ser e fazer em seu futuro profissional.

Desta maneira, o objetivo deste texto não é somente apresentar uma abordagem nova que tem sido usada nos EUA capaz de relacionar ensino e pesquisa, mas, especialmente, mostrar que é possível desenvolver abordagens desta natureza em instituições brasileiras. As experiências CURE não são as únicas possibilidades disponíveis na literatura. São, sim, as experiências de pesquisa que relacionam práticas científicas mais autênticas e que podem ser realizadas por um número grande estudantes. No entanto, qualquer prática docente que se desenvolve a partir de um viés de pesquisa (seja científica ou não), proporcionando atividades que estimulem o desenvolvimento crítico dos estudantes, por si só, já é uma prática revolucionária e que tem um grande potencial formativo.

Deste modo, é preponderante a necessidade de se desenvolver práticas, no ambiente acadêmico, que sejam capazes de invocar, mesmo que minimamente, a dialogicidade ensino-pesquisa, a fim de que a realidade, verificada neste trabalho, associada ao conhecimento dos estudantes sobre a pesquisa científica, seja cotidianamente alterada. Na formação de professores, já se sabe que a visão deturpada de pesquisa científica, claramente influenciada pelas experiências de pesquisa do licenciando, é levada para a sala de aula do Ensino Médio, de tal forma que a literatura específica do Ensino de Ciências continuará denunciando repetidamente as mesmas problemáticas caso a realidade não seja progressivamente modificada.

Além disto, a análise histórica da ciência nas universidades brasileiras mostrou-se radicalmente tardia e completamente influenciada por visões ideológicas distintas. As políticas e o posicionamento dos políticos também são elementos a serem considerados quando é analisada a situação da ciência no Brasil, uma vez que os investimentos em produção de conhecimentos científicos e em programas universitários que incentivam a ciência (como programas de IC) são determinantes para a universidade em um país que se quer desenvolvido e moderno.

O movimento anti-intelectualista atualmente crescente no Brasil, especialmente na transição 2018-2019, baseado na desvalorização da formação acadêmica/superior e fundamentado nas ideias da pseudociência, é considerado bastante problemático, de modo que a inserção de práticas científicas nas formações superiores é ainda mais urgente. Trata-se de reafirmar a ciência e popularizar o conhecimento científico, a fim de que o senso coletivo de

criticidade se sobreponha às falácias ideológicas que são potencialmente ameaçadoras e podem causar retrocessos marcantes na história das universidades brasileiras enquanto instituições permeadas pelo dialogismo ensino-pesquisa.

Por fim, acredita-se que é através de abordagens inovadoras, como as experiências CURE, que será possível fazer com que as práticas universitárias sejam cumpridas conforme previsto na Constituição Federal de 1988 e na LDB/96, de modo que a universidade, para além de cumprir seu papel formativo, também poderá cumprir seu papel social: formar cidadãos críticos e munidos de conhecimento, profissionais preparados e, em especial no curso de licenciatura onde ocorreu esta pesquisa, professores de química capacitados e sintonizados com as demandas da contemporaneidade e suas funções sociais.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho objetivou analisar a situação atual da pesquisa científica no curso de Química-Licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco, Campus do Agreste (UFPE/CA), introduzindo uma discussão sobre as abordagens CURE e propondo uma experiência conjunta de pesquisa como possibilidade de associar ensino e pesquisa no seio da sala de aula. A pesquisa foi subdividida em três momentos metodológicos distintos: inicialmente, no primeiro semestre de 2018, houve a diagnose do curso, investigando diversos elementos associados ao desenvolvimento de pesquisas no mesmo; em segundo lugar, no segundo semestre de 2018, foi realizado o I Seminário de Pesquisa Científica do Agreste (SPCAgreste); por fim, foi planejada e proposta uma experiência CURE abordando a regioselectividade na hidroformilação do propeno.

Os resultados da diagnose do curso revelaram que um número pequeno de estudantes desenvolve projetos de pesquisa, de modo que somente 23,6% dos estudantes investigados – 148 discentes de todos os períodos do curso, incluindo os que excederam o tempo mínimo de integralização em até três anos – desenvolveram ou desenvolviam projetos de pesquisa quando os dados deste trabalho foram coletados. Além disto, as análises qualitativas permitiram concluir que os discentes apresentaram concepções sobre pesquisa científica repletas de distorções e visões deturpadas acerca dela, de modo que a baixa oferta e oportunidade para o desenvolvimento de projetos de pesquisa pode ser uma causa direta desta problemática.

Os estudantes argumentaram que o curso oferece oportunidades de pesquisa de forma bastante limitada, o que, segundo eles, está diretamente relacionado ao investimento em projetos de pesquisa, por parte do estado, reportando, também, problemáticas na seleção dos estudantes e divulgação das oportunidades de pesquisa quando disponíveis. Além do mais, os discentes reconheceram as experiências de pesquisa como elementos fundamentais de suas formações e atuações enquanto professores. Foi reportado, assim, que há a necessidade de desenvolvimento de metodologias de ensino que se concretizem através da pesquisa, tornando-a uma atividade mais democrática e menos elitizada.

Em virtude da necessidade de uma ampla discussão, com os estudantes, sobre pesquisa científica e as oportunidades de pesquisa que são oferecidas no curso, foi proposto um evento com programação bastante variada em termos de temáticas. O I SPCAgreste foi realizado entre 21 e 23 de novembro de 2018 e contou com a participação de 118 estudantes dos cursos de Licenciatura em Química, Física e Matemática do NFD/CA. Foram convidados 16 pesquisadores (professores da casa e de outras instituições) para apresentar suas linhas de

pesquisa e com o estudante pode ingressar em seu grupo. O primeiro dia do evento foi voltado para as pesquisas em Ensino de Química, ao passo que o segundo e terceiro dia foram direcionados para a pesquisa em Química e Física Aplicadas com abordagens teóricas e experimentais.

Ao final do evento, aplicou-se um questionário, no qual os estudantes afirmaram que o I SPCAgreste permitiu que eles tomassem conhecimento sobre os diversos trabalhos de pesquisa que são desenvolvidos na UFPE/CA, bem como sobre como fazer uma pesquisa científica. Dentre outras coisas, os estudantes afirmaram que o evento fez com eles reconhecessem a atividade de pesquisa enquanto um elemento fundamental em suas formações, bem como classificaram um evento como importante no que tange à democratização do acesso às informações sobre pesquisa científica e à integração de todos os cursos do NFD.

Por fim, foi proposta uma experiência CURE, cujo objetivo era exemplificar a proposição de uma metodologia de ensino que se concretiza através da pesquisa científica. Nesta etapa, o estudo da regioselectividade na etapa de coordenação e inserção do propeno da reação de hidroformilação de olefinas foi proposto em uma disciplina eletiva de 30 horas que poderia ser ofertada no curso. A proposta de ensino foi subdividida em 7 etapas metodológicas específicas e a escolha da temática do projeto de investigação baseou-se na experiência do pesquisador com a área através dos projetos de IC desenvolvidos no Laboratório de Computação Científica do GQCA.

Ainda, a proposta CURE foi classificada com base nos cinco eixos que fundamentam experiências desse tipo: a utilização de práticas científicas, a descoberta, a relevância científica da problemática, o desenvolvimento de atividades inerentemente colaborativas e a iteração. As experiências CURE, portanto, tornam-se pesquisas autênticas quando são incorporados os cinco eixos de forma integral, o que pode ser concretizado com as experiências adquiridas por instrutores e discentes quando participam de pesquisas colaborativas desta natureza.

Como perspectivas de trabalhos futuros, pretende-se aplicar a abordagem CURE proposta neste trabalho a fim de investigar qual é a influência da experiência coletiva de pesquisa na formação científica dos estudantes. Além disto, pretende-se qualificar os instrumentos avaliativos que podem ser utilizados, de forma eficiente, nas abordagens que associam ensino e pesquisa na sala de aula, haja vista que essa ainda é uma lacuna na literatura, o que pode atrapalhar a aplicação de metodologias desta natureza.

Por fim, este trabalho apontou para o fato de que é urgente desenvolver, nas universidades brasileiras, práticas que associem o dialogismo ensino-pesquisa na formação dos estudantes, de maneira que as experiências CURE são somente uma das várias possibilidades

de concretizar esta premissa legislativa presente nos diversos documentos que regem as práticas institucionais das Instituições de Ensino Superior, como a Constituição Federal de 1998 e a Lei de Diretrizes e Bases da Educação de 1996 (BRASIL, 1996).

A proposição de práticas que dialogam com a indissociabilidade ensino-pesquisa-extensão, para além de ser um pré-requisito legislativo nas atividades universitárias, também (re)significa a história do desenvolvimento das universidades brasileiras enquanto instituições produtoras de conhecimento científico. Antes de tudo, trata-se de uma forma de fazer com que as universidades sejam espaços que, para além da formação profissional e científica, também reafirmem seu papel enquanto instituições responsáveis pela formação crítica, cidadã e política de seres humanos.

REFERÊNCIAS

- ABREU, H. A. **Estudo de sistemas químicos aplicando-se a teoria do funcional de densidade**. 2004. 163 p. Tese (Doutorado em Química) – Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.
- ANDRÉ, M. **O papel da pesquisa na formação e na prática dos professores**. Campinas: Papyrus, 2001, 144 p.
- ATKINS, P.; PAULA, J. **Físico-Química**. 8. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008, xx p. transformar em citação de capítulo de livro.
- ATKINS, P.W.; JONES, L. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 965 p. transformar em citação de capítulo de livro
- AUCHINCLOSS, L. C.; LAURSEN, S. L.; BRANCHAW, J. L.; EAGAN, K.; GRAHAM, M.; HANAUER, D. I.; LAWRIE, G.; MCLINN, C. M.; PELAEZ, N.; ROWLAND, S.; TOWNS, M.; TRAUTMANN, N. M.; VARMA-NELSON, P.; WESTON, T. J.; DOLAN, E. L. Assessment of course-based undergraduate research experiences: a meeting report. **Life Sciences Education**, v. 13, p. 29-40, 2014.
- BAKSHI, A.; PATRICK, L. E.; WISCHUSEN, W. A framework for implementing course-based undergraduate research experiences (CUREs) in freshmen biology labs. **The American Biology Teacher**, v. 78, n. 6, 2016.
- BALL, D. W. **Físico-Química**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.
- BANGERA, G.; BROWNELL, S. E. Course-based Undergraduate Research Experiences can make scientific research more inclusive. **Life Sciences Education**, vol. 14, p. 602-606, 2014.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.
- BARRIL, X.; SOLIVA, R. Molecular Modelling. **Molecular Biosystems**, n. 2, p. 660-681, 2006.
- BARREIRO, E. J.; RODRIGUES, C. R.; ALBUQUERQUE, M. G.; SANT'ANNA, C. M.; ALENCASTRO, R. B. Modelagem molecular: uma ferramenta para o planejamento racional de fármacos em Química Medicinal. **Química Nova**, v. 20, n. 3, p. 300-310, 1997.
- BARRETO, A. L.; FILGUEIRAS, C. A. L. Origens da universidade brasileira. **Química Nova**, v. 30, n. 7, p. 1780-1790, 2007.
- BERTOLLETI, V. A.; ZEVEDO, M. L. N. Anísio Teixeira e a construção da universidade brasileira. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA DO PPE, 2010, Maringá. **Anais do Seminário de Pesquisa do PPE**. Maringá, 2010.
- BORGES, R. M. R. **Em debate: cientificidade e educação em ciências**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.

BÖRNER, A.; FRANKE, R. **Hydroformylation**: fundamentals, processes, and applications in organic synthesis. Weinheim: Wiley-VCH, 2016.

BOURDIEU, P. **Lições da aula**. 2. ed. São Paulo: Ática, 2003.

BOURDIEU, P. **Coisas ditas**. São Paulo: Brasiliense, 2004.

BRASIL. Lei nº. 5.540, de 28 de Novembro de 1968. Fixa normas de organização e funcionamento do ensino superior e sua articulação com a escola média, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 28 nov. 1968. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L5540.htm>. Acesso em 22 out. 2018.

BRASIL. Lei nº. 9.394, de 20 de Dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 20 dez. 1996. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/Leis/L9394.htm>. Acesso em 31 ago. 2018.

BRASIL. Referencial de Química-Licenciatura. Ministério da Educação (MEC), 2014. Disponível em <<http://sejaumprofessor.mec.gov.br/internas.php?area=como&id=licenciaturas#quimica/>>. Acessado em: 19 de maio de 2019.

BRIDI, J. C. A.; PEREIRA, E. M. A. **A iniciação científica na formação do universitário**. 2004. 147 p. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

BRIDI, J. C. A. A pesquisa nas universidades brasileiras: implicações e perspectivas. In: MASSI, L; QUEIROZ, S. L. (orgs.). **Iniciação Científica**: aspectos históricos, organizacionais e formativos da atividade no ensino superior brasileiro. São Paulo: Editora UNESP, 2015, p. 12-35.

BROWNELL, S. E.; KLOSER, M. J. Toward a conceptual framework for measuring the effectiveness of course-based undergraduate research experiences in undergraduate biology. **Studies in Higher Education**, v. 40, n. 3, p. 525-544, 2015.

BUARQUE, C. **A aventura da universidade**. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista. 2. Ed., 1994.

CACHAPUZ, A; GIL-PÉREZ, D.; CARVALHO, A. M. P.; VILCHES, A. **A Necessária Renovação do Ensino das Ciências**. São Paulo: Cortez Editora, 2003.

CALAZANS, J. **Iniciação científica**: construindo o pensamento crítico. São Paulo: Cortez, 2002.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** São Paulo: Ed. Brasiliense, 1993..

CHASE, A. M.; CLANCY, H A.; LACHANCE, R. P.; MATHISON, B. M.; CHIU, M. M.; WEAVER, G. C. Improving critical thinking via authenticity: the CASPiE research

experience in a military academy chemistry course. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 1, n. 18, p. 55-63, 2016.

CLARK, T. M.; RICCIARDO, R.; WEAVER, T. Transitioning from expository laboratory experiments to course-based undergraduate research in general chemistry. **Journal of Chemical Education**, v. 93, n. 1, p. 56-63, 2016.

COELHO, L. W.; JUNQUEIRA, G. M.; HERRERA, J. O.; MACHADO, S. P.; MACHADO, B. C. Aplicação de mecânica molecular em química inorgânica. **Química Nova**, v. 22, n. 3, p. 396-404, 1999.

CARBÓ, J. J.; MASERAS, F.; BO, C.; VAN LEEUWEN, P. W. N. M. Unraveling the origin of regioselectivity in rhodium diphosphine catalyzed hydroformylation: a DFT QM/MM study. **Journal of the American Chemical Society**, v. 123, n. 31, p. 7630-7637, 2001.

CORWIN, L. A.; GRAHAM, M. J.; DOLAN, E. L. Modeling course-based undergraduate research experiences: an agenda for future research and evaluation. **Life Sciences Education**, v. 14, p. 1-13, 2015.

CRAMER, C. J. **Essentials of Computational Chemistry: Theories and Models**. England: Wiley, 2004.

D'AMBROSIO, U. Tempo de escola e tempo de sociedade. *In*: SERBINO, R. V. **Formação de professores**. São Paulo: Editora da UNESP, 1998.

DEMO, P. **Educar Pela Pesquisa**. Campinas: Autores Associados, 2007.

DE PAULA, M. F. C. USP e UFRJ: a influência das concepções alemã e francesa em suas fundações. **Tempo Social**, v. 14, n. 2, p. 147-161, 2002.

DESAI, K. V.; GATSON, S. N.; STILES, T. W.; STEWART, R. H.; LAINE, G. A.; QUICK, C. M. Integrating research and education at research-extensive universities with research-intensive communities. **Adv. Physiol Educ.**, v. 32, n. 2, p. 136-141, 2008.

DIAS, R. P. **Investigação Teórica de Processos Catalíticos Homogêneos Promovidos por Compostos Organometálicos**. 2012. 171 p. Tese (Doutorado em Química) – Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

DIAS, F. R. F.; FERREIRA, V. F.; CUNHA, A. C. Uma visão geral dos diferentes tipos de catálise em síntese orgânica. **Revista Virtual de Química**, v. 4, n. 6, p. 840-871, 2012.

DINIZ-PEREIRA, J. E. Debates e pesquisas no Brasil sobre formação docente. *In*: DINIZ-PEREIRA, J. E. **Formação de professores: pesquisas, representações e poder**. 2. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2006, p. 15-52.

DOLAN, E. L. **Course-based undergraduate research experiences: current knowledge and future directions**. Washington DC: National Research Council, 2016.

ECHEVERRÍA, A. R.; BENITE, A.M.C.; SOARES, M.H.F.B. A pesquisa na formação

inicial de professores de química - A experiência do Instituto de Química da Universidade Federal de Goiás. In: **A formação química e pedagógica nos cursos de graduação em do país**. TRIGÉSIMA REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA. 4º Workshop: Divisão de Ensino, Águas de Lindóia, 2007. 19 p. Disponível em: <<http://www.s bq.org.br/30ra/wordensino.php>>. Acesso em: 29 nov. 2018.

FAGUNDES, T. B. Os conceitos de professor pesquisador e professor reflexivo: perspectivas do trabalho docente. **Revista Brasileira de Educação**, v. 21, n. 65, p. 281-298, 2016.

FÁVERO, M. L. A. A universidade no Brasil: das origens à Reforma Universitária de 1968. **Educar**, n. 28, p. 17-36, 2006.

FERNANDES, T. B.; BESSA, A. Q.; SILVA, E. S. A iniciação científica na universidade federal do Amazonas: um estudo do perfil e das perspectivas dos discentes de biblioteconomia que ingressaram no PIBIC entre os anos de 2010 a 2012. **RACIn**, v. 1, n. 2, p. 54-74, 2013.

FONTOURA, H.; FERNANDES, N. S. M. Quem quer ser professor/a? Contribuições de um estudo com licenciandos da Faculdade de Formação de Professores da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. **Soletras**, n. 27, p. 342-359, 2014.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paes e Terra, 1996.

FRIESNER, R. A. *Ab initio* quantum chemistry: methodology and applications. **PNAS**, v. 102, n. 19, p. 6648-6653, 2005.

GHANEM, E.; LONG, S. R.; RODENBUSCH, S. E.; SHEAR, R. I.; BECKHAM, J. T.; PROCKO, K.; DEPUE, L.; STEVERSON, K. J.; ROBERTUS, J. D.; MARTIN, S.; HOLLIDAY, B.; JONES, R. A.; ANSLYN, E. V.; SIMMONS, S. L. Teaching through research: alignment of core chemistry competencies and skills within a multidisciplinary research framework. **Journal of Chemical Education**, v. 95, n. 2, p. 248-258, 2018.

GIL PÉREZ, D.; VALDÉS CASTRO, P. V. La orientacion de las practicas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 14, n. 2, p. 155-163, 1996.

GIL PÉREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência e Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

GONÇALVES, N. G. Indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão: um princípio necessário. **Perspectiva**, Florianópolis, v. 33., n. 3, p. 1229-1256, 2015.

GUIMARÃES, 2009. Experimentação no Ensino de Química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 3, p. 198-202, 2009.

HABERMAS, J. **Técnica e Ciência como “ideologia”**. Lisboa: Edições 70, 2006.

HARRISON, M.; DUNBAR, D.; RATMANSKY, L.; BOYD, K.; LOPATTO, D. Classroom-based science research at the introductory level: changes in career choices and attitudes. **Life Sciences Education**, v. 10, n. 3, p. 279-286, 2011.

HARSH, J. A. Designing performance-based measures to assess the scientific thinking skills of chemistry undergraduate researchers. **Chem. Educ. Res. Pract.**, v. 16, n. 4, p. 808-817, 2016.

HAY, P. F.; WADT, W. R. *Ab initio* effective core potentials for molecular calculations. Potentials for K to Au including the outermost core orbitals. **The Journal of Chemical Physics**, v. 82, n. 1, p. 299-310, 1985.

HEEMSTRA, J. M.; WATERMAN, R.; ANTOS, J. M.; BEUNING, P. J.; BUR, S. K.; COLUMBUS, L.; FEIG, A. L.; FULLER, A. A.; GILLMORE, J. G.; LECONTE, A. M.; LONDERGAN, C. H.; POMERANTZ, W. C. K.; PRESCHER, J. A.; STANLEY, L. M. Throwing away the cookbook: implementing course-based undergraduate research experiences (CUREs) in chemistry. WATERMAN, R.; FEIG, A. L. **Educational and Outreach Projects from the Cottrell Scholars Collaborative Undergraduate and Graduate Education**. Washington, DC, 2017. cap. 3, p. 33-63.

HOSOUME, Y.; OLIVEIRA, R. V. B. C. Diferentes concepções da ciência e implicações para o seu ensino. **Educar em revista**, Curitiba, n. 44, p. 111-126, 2012.

JENSEN, F. **Introduction to Computational Chemistry**. England: Wiley, 2007.

JOHNSTONE, A. H. The Development of Chemistry Teaching. **Journal of Chemical Education**, v. 70, n. 9, p. 701-705, 1993.

KAMER, P. C. J.; REEK, H. N. H.; VAN LEEUWEN, P. W. N. M. **Rhodium catalyzed hydroformylation**. Amsterdam: Springer, 2005, 286 p.

KEER, M. A.; YAN, F. Incorporating course-based undergraduate research experiences into analytical chemistry laboratory curricula. **Journal of Chemical Education**, v. 93, n. 4, p. 658-662, 2016.

KOHN, W.; SHAM, L. J. Self-Consistent Equations Including Exchange and Correlation Effects. **Physical Review**, v. 140, n. 4A, p. 1133-1138, 1965.

KOSMINSKY, L.; GIORDAN, M. Visões de ciências e sobre o cientista entre estudantes do Ensino Médio. **Química Nova na Escola**, n. 15, p. 11-18, 2002.

LAWRIE, G. A.; GRONDAHL, L.; BOMAN, S.; ANDREWS, T. Wiki laboratory notebooks: supporting student learning in collaborative inquiry-based laboratory experiments. **J. Sci. Educ. Techn.**, v. 25, n. 3, p. 394-409, 2016.

LÔBO, S. F. O trabalho experimental no Ensino de Química. **Química Nova**, v. 35, n. 2, p. 430-434, 2012.

LOPATTO, D.; ALVAREZ, D.; BARNARD, D.; CHANDRASEKARAN, C.; CHUNG, H.; DU, C.; ECKDAHL, T.; GOODMAN, A. L.; HAUSER, C.; JONES, C. L.; KOPP, O. R.; KULECK, G. A.; MCNEIL, G.; MORRIS, R.; MYKA, J. L.; NAGENGAST, A.;

OVERVOORDE, P. J.; POET, J. L.; REED, K.; REGISFORD, G.; REVIE, D.; ROSENWALD, A.; SAVILLE, K.; SHAW, M.; SKUSE, G. R.; SMITH, C.; SMITH, M.; SPRATT, M.; STAMM, J.; THOMPSON, J. S.; WILSON, B. A.; WITKOWSKI, C.; YOUNGBLOM, J.; LEUNG, W.; SHAFFER, C. D.; BUHLER, J.; MARDIS, E.; ELGIN, S. C. R. Undergraduate research: genomics education partnership. **Science**, v. 322, n. 5902, p. 684-685, 2008.

LUCKESI, C.; BARRETO, E.; COSMA, J.; BAPTISTA, N. **Fazer universidade: uma proposta metodológica**. 17. Ed. São Paulo: Cortez, 2012. 287 p.

LÜDKE, M. O professor, seu saber e sua pesquisa. **Educação & Sociedade**, vol. 22, n. 74, p. 77-96, 2001.

MAY, N. W.; MCNAMARA, S. M.; WANG, S.; KOLESAR, K. R.; VERNON, J.; WOLFE, J. P.; GOLDBERG, D.; PRATT, K. A. Polar plunge: semester-long snow chemistry research in the general chemistry lab. **Journal of Chemical Education**, v. 95, n. 4, p. 543-552, 2018.

MACEDO, A. R.; TREVISAN, L. M. V.; TREVISAN, P.; DE MACEDO, C. S. Educação Superior no Século XXI e a Reforma Universitária Brasileira. **Ensaio: aval. pol. púb. educ.** v. 13, n. 47, p. 127-148, 2005.

MALDANER, O. A. **A Formação Inicial e Continuada de Professores de Química – Professores /Pesquisadores**. Ijuí: UNIJUÍ, 2003.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2005.

MASSI, L. **Contribuições da Iniciação Científica na apropriação da linguagem científica por alunos de graduação em Química**. 2008, 227 f. Dissertação (Mestrado em Ciências), Universidade de São Paulo, São Paulo.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de marketing**. São Paulo: Atlas, 2001.

MAGALHÃES, H. G. D. Indissociabilidade entre pesquisa, ensino e extensão: tensões e deságios. **Educação Temática Digital**, v. 8, n. 2, p. 168-175, 2007.

MCDERMOTT, M. L. Lowering barriers to undergraduate research through collaboration with local craft breweries. **Journal of Chemical Education**, v. 93, n. 9, p. 1543-1548, 2016.

MOITA, F. M. G. S. C.; ANDRADE, F. C. B. Ensino-pesquisa-extensão: um exercício de indissociabilidade na pós-graduação. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 41, p. 269-280, 2009.

MORGON, N. H.; CUSTODIO, R. Teoria do Funcional de Densidade. **Química Nova**, v. 18, n. 1, p. 44-55, 1995.

MORHY, L. Universidade em Questão. In: _____ (Org.). **Universidade em Questão**. Brasília: Editora Universitária, 2003, v. 1, p. 15-31.

MOURA, B. A. O que é Natureza da Ciência e qual sua relação com a história e filosofia da ciência? **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 7, n. 1, p. 32-46, 2014.

NÓVOA, A. Formação de professores e profissão docente. Em: NÓVOA, A. (Org.). **Os professores e a sua formação**. Lisboa: Nova Enciclopédia, 1997.

OLIVEIRA, J. R. S. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 12, n. 1, p. 139-153, 2010.

OLIVEIRA, L. H. **Exemplo de cálculo de Ranking Médio para Likert**. Notas de Aula. Metodologia Científica e Técnicas de Pesquisa em Administração. Mestrado em Adm. e Desenvolvimento Organizacional. PPGA CNEC/FACECA: Varginha, 2005.

OLIVEIRA, P. J. P. **Conjuntos de base Gaussianas para os átomos de H até Ar: aplicações em cálculos HF, MP2 e DFT de propriedades elétricas e magnéticas moleculares**. 2010. 114 p. Tese (Doutorado em Química) – Centro de Ciências Exatas, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2010.

PAIM, A. **A UDF e a ideia de universidade**. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1981, 135 p.

PASCE, M. K.; ANDRÉ, M. E. D. A.; HOBOLD, M. S. Formação do professor pesquisador: procedimentos didáticos. *In*: XI CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 2013, Curitiba. **Anais do EDUCERE**. Curitiba: PUCPR, 2013, p. 10242-10255.

PATRÍCIO, Z. M.; SILVÉRIO, M. R.; RIBEIRO, I. M.; FELISBINO, J. E.; BRODBECK, I. M.; MARTINS, G. W. M.; DA SILVA, G. M. V.; DOS REIS, A. E. Sistematização de estratégias de ensinar-aprender pesquisa na graduação. **Interface – Comunic., Saúde, Educ.**, São Paulo, v.15, n.39, p. 1159-72, 2011.

PEDWELL, R. K.; FRASER, J. A.; WANG, J. T. H.; CLEGG, J. K.; CHARTRES, J. D.; ROWLAND, S. L. The beer and biofuels laboratory: a report on implementing and supporting a large, interdisciplinary, yeast-focused course-based undergraduate research experience. **Biochemistry and molecular biology education**, v. 46, n. 3, p. 213-222, 2018.

PEREIRA, A. M. **Estudos *ab initio* e DFT das nitrosaminas**. 2008. 118 p. Dissertação (Mestrado em Química) – Departamento de Química, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2008.

PEREIRA, J. A. **Uma reelaboração de conteúdo de Física do segundo grau: a eletricidade como exemplo**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências, Modalidade Física) – IF-FE/USP, 1995.

PINHO, M. J. Ciência e ensino: contribuições da iniciação científica na educação superior. **Avaliação**, v. 22, n. 3, p. 658-675, 2017.

RAMOS, F. P.; NEVES, M. C. D.; CORAZZA, M. J. A ciência moderna e as concepções contemporâneas em discursos de professores-pesquisadores: entre rupturas e a continuidade. **Revista eletrônica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 10, n. 1, p. 84-108, 2011.

RAPPÉ, A. K.; CASEWIT, C. J.; COLWELL, K. S.; GODDARD, W. A.; SKIFF, W. M. UFF, a Full Periodic Table Force Field for Molecular Mechanics and Molecular Dynamics Simulations. **Journal of the American Chemical Society**, v. 114, n. 25, p. 10024-10035, 1992.

RESEARCH CORPORATION FOR SCIENCE ADVANCEMENT (RCSA). **Expanding the CURE model: course-based undergraduate research experience**. Tucson: RCSA, 2018, 128 p.

RIBEIRO-CLARO, P. Prevendo a estrutura de materiais a partir da Teoria Quântica usando um computador pessoal. In: CICECO. **Investigação em destaque 2002-06**. Aveiro, p. 40-41, 2008.

RODENBUSCH, S. E.; HERNANDEZ, P. R.; SIMMONS, S. L.; DOLAR, E. L. Early engagement in course-based research increases graduation rates and completion of science, engineering, and mathematics degree. **Life Sciences Education**, v. 15, p. 1-10, 2016.

RODRIGUES, C. R. Processos Modernos no Desenvolvimento de Fármacos: Modelagem Molecular. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, n. 3, 2001.

SABINO, T. L.; OLIVEIRA, J. P.; PEÇANHA, J. P.; BARROSO, J. S.; ALMEIDA, R. B.; VIEIRA, M. B.; LOBOSCO, M.; DANTAS, S. O.; COLUCI, V. R. Simulação de dinâmica molecular usando potencial de Lennard-Jones. In: XII ENCONTRO DE MODELAGEM COMPUTACIONAL, 2009, Rio de Janeiro. **Anais do XII Encontro de Modelagem Computacional**. Rio de Janeiro, 2009.

SANT'ANNA, C. M. R. Métodos de Modelagem Molecular para Estudo e Planejamento de Compostos Bioativos: Uma Introdução. **Revista Virtual de Química**, v. 1, n. 1, p. 49-57, 2009.

SANTOS, A. F.; OLIOSI, E. C. A importância do ensino de Ciências da Natureza integrado à História da Ciência e à Filosofia da Ciência: uma abordagem contextual. **Educação e Contemporaneidade**, v. 22, n. 29, p. 195-204, 2013.

SANTOS, H. F. O conceito de Modelagem Molecular. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, n. 4, p. 4-5, 2001.

SCARPA, D. L.; MARANDINO, M. Pesquisa em ensino de ciências: um estudo sobre as perspectivas metodológicas. In: II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 1999, São Paulo. **Anais do II ENPEC**, São Paulo, 1999, p. 1-15.

SGUISSARDI, V. Modelo de expansão da educação superior no Brasil: predomínio privado/mercantil e desafios para a regulação e a formação universitária. **Educ. Soc.**, Campinas, v. 29, n. 105, p. 991-1022, 2008.

SHORTLIDGE, E. E.; BROWNELL, S. E. How to assess your CURE: a practical guide for instructors of course-based undergraduate research experiences. **Journal of Microbiology & Biology Education**, v.17, n. 3, p. 399-408, 2016.

SHORTLIDGE, E. E.; BANGERA, G.; BROWNELL, S. E. Faculty perspectives on developing and teaching course-based undergraduate research experiences. **BioScience**, v. 66, n. 1, 2016.

SILVA, J. A. B. **Compostos de Coordenação Oxo-Diperoxo de Molibdênio (Quirais) e a Oxidação de Sulfetos**. 2004. 84 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química) – Departamento de Química Fundamental, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

SILVA, L. S. **Estudos Computacionais de Esfingomielinases D: Docking, Dinâmica Molecular e Métodos Híbridos QM/MM**. 2015. 93 p. Tese (Doutorado em Biofísica Molecular) – Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto, 2015.

TARGINO, M. G. Ciência, divulgação científica e eventos técnico-científicos. *In*: INTERCOM – SOCIEDADE BRASILEIRA DE ESTUDOS INTERDISCIPLINARES DA EDUCAÇÃO, 2006, Brasília. **Anais do Intercom**, Brasília, p. 1-16, 2006.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO. Núcleo de Formação Docente. **Projeto Pedagógico de Química - Licenciatura**. Caruaru, 2013, 349 p.

VAN LEEUWEN, P. W. N. M.; ROOBEEK, C. F. Hydroformylation of less reactive olefins with modified rhodium catalysts. **Journal of Organometallic Chemistry**, vol. 258, p. 343-350, 1983.

VAN DER SPOEL, D.; LINDAHL, E.; HESS, B.; GROENHOF, G.; MARK, A. E.; BERENDSEN, H. J. GROMACS: Fast, flexible and free. **Journal of Computational Chemistry**, v. 26, n. 16, p. 1701-1718, 2005.

VYGOTSKY, L. S. **A formação da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

WEINER, S. J.; KOLLMAN, P. A.; CASE, D. A.; SINGH, U. C.; GHIO, C.; ALAGONA, G.; PROFETA, S.; WEINER, P. A New Force Field for Molecular Mechanical Simulation of Nucleic Acids and Proteins. **Journal of the American Chemical Society**, v. 106, n. 3, p. 765-784, 1984.

WILLIAMS, L. C.; REDDISH, M. J. Integrating primary research into the teaching lab: benefits and impacts of a one-semester cure for physical chemistry. **Journal of Chemical Education**, v. 95, n. 6, p. 928-938, 2018.

ZOMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. **Atividades investigativas para as aulas de ciências: Um diálogo com a teoria da Aprendizagem Significativa**. Curitiba: Appris, 2016.

ZUIN, V. G.; ZUIN, A. A. S. O laboratório de química como *locus* de experiências formativas. **Revista Ensaio**, v. 19, n. 2681, 2017.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO NO SEMESTRE 2018.1

Prezado estudante do **curso de Química – Licenciatura do CA**, este questionário diz respeito às suas experiências de pesquisa científica na graduação, sendo elaborado pelo discente Daniel H. Cruz Neto, sob orientação da professora Dra. Roberta P. Dias, na disciplina Metodologia da Pesquisa Educacional, ministrada pela professora Dra. Flávia C. G. C. de Vasconcelos. Sua colaboração é fundamental para o desenvolvimento desta pesquisa. Ressaltamos, ainda, a garantia o anonimato dos participantes para fins de divulgação dos dados obtidos. Desde já, agradecemos a colaboração!

Nome: _____

Período: _____

1. O curso de Química – Licenciatura foi a sua primeira opção no processo de ingresso no ensino superior? **Se não**, qual a área da sua primeira opção?

2. Qual a sua concepção sobre pesquisa científica?

3. Na sua percepção, o seu curso de graduação oferece oportunidades de pesquisa científica para os alunos? Justifique.

4. Você desenvolve/desenvolveu algum tipo de pesquisa científica durante a graduação?

- a. **Se sim**, descreva-a.

Período: _____

Área: _____

Título: _____

Grupo de pesquisa: _____

Orientador(a): _____

- b. **Se não**, qual área de pesquisa você tem interesse?

5. Baseado em suas experiências de aulas práticas, como elas influenciaram o seu interesse em pesquisas científicas?

6. O que você acha que falta para tornar as aulas práticas do curso mais atrativas e/ou aumentar o interesse dos alunos do curso na pesquisa?

7. Qual sua perspectiva de atuação profissional após a conclusão do curso?

- Academia
 Professor do Ensino Médio
 Indústria
 Outros: _____

8. Como você acha que a pesquisa científica desenvolvida na universidade pode auxiliar na sua carreira profissional?

APÊNDICE B – FORMULÁRIO DE INSCRIÇÃO NO I SPCAGRESTE**I Seminário de Pesquisa Científica do Agreste (SPCAgreste)**

Para realizar a sua inscrição no I SPCAgreste, preencha todos os campos abaixo. A organização aproveita para lembrá-los que será gerada carga horária somente para os alunos que participarem de 100% das atividades do evento.

Nome completo: _____

CPF: _____

Nome do crachá: _____

Cidade: _____

Curso: _____

Semestre de ingresso na universidade: _____

Você tem interesse em participar de uma experiência de pesquisa nas áreas de Química Inorgânica e Físico-Química durante o semestre 2019.1?

() Sim () Não

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO APLICADO NO I SPCAGRESTE

Prezado estudante, ao assinar e responder este questionário, você concorda que os dados obtidos sejam divulgados através de publicações, de modo que o anonimato será garantido, bem como você confirma que sua participação na pesquisa foi voluntária e não-remunerada. Por fim, atribua graus de concordância, de 0 a 5, sendo 0 o equivalente a *discordo totalmente* e 5 o equivalente a *concordo totalmente*, para todas as afirmativas seguintes.

Nome: _____

Curso: _____ Período: _____

1. **Me interessei em desenvolver pesquisa científica, porém não tinha conhecimento acerca dos grupos de pesquisa, dos professores e das linhas de pesquisa dos mesmos na UFPE/CA, de modo que o SPCAgreste me permitiu tomar conhecimento sobre estes aspectos;**
 Discordo totalmente Discordo Neutro Concordo Concordo totalmente
2. **A partir dos seminários do SPCAgreste, para além de conhecer diversas linhas de pesquisa dos docentes, pude compreender como se faz uma pesquisa;**
 Discordo totalmente Discordo Neutro Concordo Concordo totalmente
3. **As discussões realizadas durante o evento me fizeram reconhecer a atividade de pesquisa enquanto elemento fundamental da minha formação;**
 Discordo totalmente Discordo Neutro Concordo Concordo totalmente
4. **Eu não me interessava pela pesquisa científica, porém o SPCAgreste despertou, através das discussões, me fez interessar por esta atividade;**
 Discordo totalmente Discordo Neutro Concordo Concordo totalmente
5. **Eu já me interessava pela pesquisa científica e o SPCAgreste aumentou ainda mais o meu interesse;**
 Discordo totalmente Discordo Neutro Concordo Concordo totalmente
6. **Os seminários e a mesa redonda tiveram temáticas relevantes;**
 Discordo totalmente Discordo Neutro Concordo Concordo totalmente
7. **A ideia de realizar seminários curtos, para além de deixar os mesmos menos cansativos, permitiu discutir várias temáticas, de modo que o tempo foi suficiente;**
 Discordo totalmente Discordo Neutro Concordo Concordo totalmente
8. **Me interessei por uma linha de pesquisa apresentada durante o SPCAgreste e pretendo conversar com o professor(a) sobre a possibilidade de desenvolver um projeto científico com ele(a);**
 Discordo totalmente Discordo Neutro Concordo Concordo totalmente
9. **Acredito que o SPCAgreste é um instrumento de democratização do acesso à informação sobre a atividade de pesquisa;**
 Discordo totalmente Discordo Neutro Concordo Concordo totalmente

10. Durante o SPCAgreste, pude dialogar e conhecer melhor a comunidade acadêmica, de modo que houve uma maior integração dos cursos do NFD (Núcleo de Formação Docente);

Discordo totalmente Discordo Neutro Concordo Concordo totalmente

RESPONDA ESTA PARTE SOMENTE SE FOR ESTUDANTE DO CURSO DE QUÍMICA-LICENCIATURA

1. Você tem interesse em participar de um projeto de pesquisa em Química Teórica e Computacional?

Sim Não

2. Quais das disciplinas abaixo de Química você já cursou? (pode marcar mais de uma opção).

Introdução à Química;

Química Geral 1;

Química Geral 2;

Físico-Química 1;

Físico-Química 2;

Química Inorgânica 1;

Química Inorgânica 2;

Introdução à Química Quântica;

Nenhuma;

3. Você já participou de algum projeto de pesquisa? Se sim, qual e por quanto tempo?

4. Você tem experiência em Química Teórica e Computacional? Se sim, descreva brevemente o que você fez/estudou. A resposta é obrigatória.

5. Você teria disponibilidade, durante a tarde, no semestre 2018.1, para desenvolver um projeto de pesquisa de 30 horas?

APÊNDICE D – PROGRAMA DO COMPONENTE CURRICULAR PROPOSTO

PROGRAMA DE COMPONENTE CURRICULAR ELETIVO

TIPO DE COMPONENTE	Disciplina
STATUS DO COMPONENTE	Eletivo
DADOS DO COMPONENTE	<ul style="list-style-type: none"> • Nome – Métodos computacionais aplicados à catálise homogênea • Carga horária total – 30 horas (práticas) • Pré-requisitos – Físico-Química II e Química Inorgânica II
EMENTA	Introdução aos métodos computacionais. Processos catalíticos homogêneos e heterogêneos.
OBJETIVO(S)	<ul style="list-style-type: none"> • Promover uma compreensão acerca da aplicação dos métodos de Química Computacional no estudo da cinética reacional; • Propor uma investigação acerca do efeito espacial do ligante bidentado na regioseletividade da etapa de coordenação e inserção da olefina na reação de hidroformilação do propeno.
METODOLOGIA	A dinâmica será desenvolvida por meio de leituras de textos científicos, aulas expositivas e dialogadas e realização prática de cálculos computacionais.
AVALIAÇÃO	O processo de avaliação será realizado por meio de uma carta de comunicação a ser escrita de forma colaborativa por todos os estudantes da disciplina em alguma ferramenta online.
CONTEÚDO PROGRAMÁTICO	<ol style="list-style-type: none"> 1. Introdução aos métodos computacionais <ol style="list-style-type: none"> 1.1. Métodos clássicos 1.2. Métodos quânticos 1.3. Ferramentas computacionais: softwares 1.4. Cálculos computacionais: inputs, outputs e análise dos dados 2. Processos catalíticos homogêneos e heterogêneos <ol style="list-style-type: none"> 2.1. A reação de hidroformilação de olefinas 2.2. Regioseletividade e quimiosseletividade na reação de hidroformilação 2.3. A regioseletividade na etapa de coordenação e inserção do propeno